



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**  
**Universidad del Perú. Decana de América**  
**Facultad de Ciencias Físicas**  
**Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica de**  
**Fluidos**

**Cálculo del sistema de protección contra incendios por  
agua para el terminal portuario de Chancay**

**MONOGRAFÍA TÉCNICA**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos

**AUTOR**

**Samuel PALMA HUAMANCHUMO**

Lima, Perú

2016



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Palma, S. (2016). *Cálculo del sistema de protección contra incendios por agua para el terminal portuario de Chancay*. [Monografía Técnica de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Físicas, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

---

203



# UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

## FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

### ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA DE FLUIDOS

#### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE MONOGRAFÍA TÉCNICA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO DE FLUIDOS POR LA MODALIDAD M3, SUFICIENCIA PROFESIONAL

Siendo las 20:30 horas del día martes 21 de junio de 2016 en el Aula 205 de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos, bajo la presidencia del Dr. MIGUEL ORMEÑO VALERIANO y con la asistencia del Dr. Ing. CÉSAR QUISPE GONZÁLES y del Ing. ADOLFO LOZADA PEDRAZA, miembros del Jurado Examinador de Monografía Técnica, de conformidad con la Resolución Rectoral N° 01934-R-02 que aprueba las diferentes modalidades de titulación profesional, se dio inicio a la Sesión Pública de Sustentación de Monografía Técnica en la que el Bachiller SAMUEL PALMA HUAMANCHUMO puso a consideración del Jurado Examinador su trabajo de Monografía Técnica como parte de los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos por la Modalidad M3, Suficiencia Profesional.

El Presidente del Jurado Examinador dio lectura del Resumen del Expediente e invitó al Bachiller SAMUEL PALMA HUAMANCHUMO, a realizar la exposición de su trabajo titulado "CÁLCULO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS POR AGUA PARA EL TERMINAL PORTUARIO DE CHANCAY" durante un tiempo de 30 minutos.

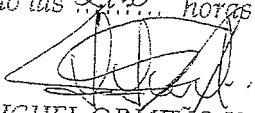
Concluida la exposición del candidato, y luego de las preguntas de rigor de parte del Jurado Examinador, el Presidente invitó al Bachiller a abandonar momentáneamente la sala de sesión para dar paso a la deliberación y calificación correspondiente. Se procedió a promediar la nota final obtenida en los cursos del Ciclo de Actualización Profesional (CAP), y el resultado se promedió a su vez con la nota de sustentación de la monografía para hallar el promedio final.

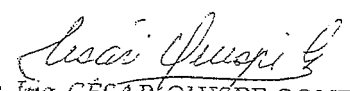
Al término de la deliberación del jurado, se invitó al candidato a regresar a la sala de sesión para dar lectura a la calificación final obtenida, la misma que fue:


DIECISEIS ..... 16.....

El Presidente del Jurado Examinador, Dr. MIGUEL ORMEÑO VALERIANO, a nombre de la Nación y de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, declaró al Bachiller SAMUEL PALMA HUAMANCHUMO Ingeniero Mecánico de Fluidos.

Siendo las 21:30 horas del mismo día, se levantó la sesión.

  
Dr. MIGUEL ORMEÑO VALERIANO  
Presidente de Jurado Examinador

  
Dr. Ing. CÉSAR QUISPE GONZÁLES  
Miembro de Jurado Examinador

  
Ing. ADOLFO LOZADA PEDRAZA  
Miembro de Jurado Examinador

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la vida, la sabiduría e  
inteligencia.

A mis padres José y Luz (+) por todo su amor  
y esfuerzo constante a lo largo de toda mi  
formación profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por albergarme los cinco años de formación profesional, transformándose en mi Alma Mater.

A la excelente labor de mis profesores de la E.A.P. de Ingeniería Mecánica de Fluidos por su experiencia y tanto conocimiento adquirido.

# INDICE

## CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

- 1.1 Antecedentes
- 1.2 Objetivos
  - 1.2.1 Objetivo General
  - 1.2.2 Objetivos Específicos
- 1.3 Ubicación del proyecto
- 1.4 Justificación Técnica (Alcance)
- 1.5 Definiciones

## CAPITULO II: MARCO TEORICO

- 2.1 Teoría del fuego
  - 2.1.1 Combustión
  - 2.1.2 Reacciones de oxidación
  - 2.1.3 Ignición (Ignición Provocada y Auto ignición).
- 2.2 Riesgo de incendio
- 2.3 El agua como agente extintor
  - 2.3.1 Propiedades Físico-químicas
    - 2.3.1.1 Propiedades de Extinción
    - 2.3.1.2 Extinción por enfriamiento
    - 2.3.1.3 Extinción por sofocación
    - 2.3.1.4 Extinción por emulsificación
    - 2.3.1.5 Extinción por dilución
  - 2.3.2 Limitaciones en el uso del agua como agente extintor
    - 2.3.2.1 Conductividad eléctrica
    - 2.3.2.2 Temperatura de solidificación y aditivos anticongelantes
    - 2.3.2.3 Tensión superficial y aditivos humectantes
    - 2.3.2.4 Viscosidad y aditivos espesantes
    - 2.3.2.5 Aditivos que modifican las características del caudal de agua
    - 2.3.2.6 Incendios de productos químicos
    - 2.3.2.7 Metales combustibles
    - 2.3.2.8 Incendios de gases
    - 2.3.2.9 Incendios de líquidos inflamables y combustibles
- 2.4 Conceptos Hidráulicos
  - 2.4.1 Caudal
  - 2.4.2 Ecuación de continuidad
  - 2.4.3 Presión
  - 2.4.4 Presión Normal
  - 2.4.5 Presión de Velocidad
  - 2.4.6 Altura Total
  - 2.4.7 Teorema de Bernoulli
    - 2.4.7.1 Teorema de Bernoulli Generalizado
  - 2.4.8 Pérdidas de Energía
    - 2.4.8.1 Pérdidas Primarias
      - 2.4.8.1.1 Ecuación de Darcy – Weisbach
      - 2.4.8.1.2 Régimen laminar.
      - 2.4.8.1.3 Régimen turbulento
      - 2.4.8.1.4 Ecuación de Colebrook – White
      - 2.4.8.1.5 Diagrama de Moody
    - 2.4.8.2 Pérdidas Secundarias
    - 2.4.8.3 Longitudes equivalentes
  - 2.4.9 Análisis de Redes
    - 2.4.9.1 Redes abiertas
    - 2.4.9.2 Redes cerradas
      - 2.4.9.2.1 Ecuaciones de continuidad en los nodos que conforman el circuito
      - 2.4.9.2.2 Ecuaciones de conservación de la energía entre dos nodos que conforman el circuito.
      - 2.4.9.2.3 Ecuaciones de altura piezométrica
      - 2.4.9.2.4 Ecuaciones de caudal

#### 2.4.10 Método de Newton – Raphson

### 2.5 Componentes del Sistemas contra incendios

#### 2.5.1 Generalidades

##### 2.5.1.1 Listados

##### 2.5.1.2 Presión nominal.

#### 2.5.2 Rociadores

#### 2.5.3 Tuberías por encima del nivel del piso

#### 2.5.4 Tuberías Enterradas

#### 2.5.5 Accesorios

#### 2.5.6 Válvulas

#### 2.5.7 Conexión para el departamento de bomberos

#### 2.5.8 Dispositivos de alarma de flujo de agua

#### 2.5.9 Unión de tuberías y accesorios

##### 2.5.9.1 Roscas

##### 2.5.9.2 Soldadura

##### 2.5.9.3 Brida

##### 2.5.9.3 Uniones por ranura

#### 2.5.10 Gabinetes Clase I y Clase II

#### 2.5.11 Sistema de Bombeo Contra incendio

#### 2.5.12 Monitores

#### 2.5.13 Hidrantes

#### 2.5.14 Extintores Portátiles

#### 2.5.15 Sistema de monitoreo de corrosión

#### 2.5.16 Purga de aire

#### 2.5.17 Colgadores, soportes y protección contra sismos

#### 2.5.18 Pases

#### 2.5.19 Protección contra la corrosión

### 2.6 Códigos y Estándares Aplicables

## CAPITULO III: CRITERIOS Y CALCULOS HIDRAULICOS

### 3.1 Criterios de diseño

#### 3.1.1 General

#### 3.1.2 Mercancías a manejar

##### 3.1.2.1 Graneles sólidos.

##### 3.1.2.2 Graneles Líquidos.

#### 3.1.3 Riesgos

##### 3.1.3.1 Muelle

##### 3.1.3.2 Patio del terminal

##### 3.1.3.3 Almacén y despacho de petróleo diésel #2

##### 3.1.3.4 Edificio de operaciones, de mantenimiento, Caseta de control y de Vigilancia

##### 3.1.3.5 Graneles líquidos en otras áreas

##### 3.1.3.6 Sala eléctrica / Sub estaciones eléctricas

##### 3.1.3.7 Tabla resumen de caudal según los riesgos en el terminal marítimo Chancay

### 3.2 Criterios de diseño de la red general de agua, monitores, hidrantes, gabinetes.

### 3.3 Cálculos hidráulicos en la red de tuberías contra incendio del Terminal Portuario de Chancay

#### 3.3.1 Cálculo Hidráulico por software Pipe Flow Expert V5.12

##### 3.3.1.1 Pasos para realizar los cálculos hidráulicos.

##### 3.3.1.1.1 Definir las unidades.

##### 3.3.1.1.2 Dibujar el plano isométrico.

##### 3.3.1.1.3 Criterio de convergencia.

##### 3.3.1.1.4 Demandas de caudal.

##### 3.3.1.1.3.4.1 Condición de máxima demanda.

##### 3.3.1.1.3.4.2 Condición de mínima demanda.

### 3.4 Cálculos hidráulicos en Sistema de rociadores.

#### 3.4.1 Riesgo Ligero.

#### 3.4.2 Riesgo almacén con mercancías clase I a Clase IV.

### 3.5 Sistema de bombeo contra incendio .



3.5.1 Cálculo de la potencia teórica

3.5.2 Potencia comercial del motor diésel UL FM

3.6 Plano isométrico y nodos de la red general de agua, monitores, hidrantes, mangueras sistema de rociadores para el muelle.

3.7 Protocolos de prueba del sistema.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

# CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

## 1.1 Antecedentes

Terminales Portuarios Chancay desea construir un Terminal Portuario en el puerto de Chancay para manejo de graneles sólidos y líquidos. Por lo cual es necesario implementar un nivel de seguridad para las operaciones del puerto para salvaguardar la vida de los ocupantes y de la propiedad.

La presente Monografía Técnica evalúa los riesgos dentro de todas las áreas del Terminal Portuario aplicando las normas internaciones NFPA de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto para determinar el diseño del sistema contra incendio.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo General

Proyectar el sistema general contra incendios en base a agua, por medio de una red de hidrantes, monitores, gabinetes y un sistema de rociadores en el muelle del Terminal Portuario de Chancay.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Elaborar la matriz de riesgos definiendo como dar protección en caso de incendio aplicando las nomas NFPA.
- ✓ Determinar la capacidad de la bomba contra incendio y desarrollar los planos de instalación el sistema de bombeo según los requerimientos indicados en el estándar de la NFPA 20.
- ✓ Determinar los diámetros de la red de tuberías del sistema contra incendio por medio de los cálculos hidráulicos.
- ✓ Determinar el volumen de reserva de agua necesario en la cisterna para abastecer a la red privada el sistema contra incendio proyectado.

## 1.3 Ubicación del proyecto

El proyecto está ubicado en la bahía de Chancay, 80 kilómetros al norte de Lima, provincia de Huaral, departamento de Lima, en Perú.

## 1.4 Justificación Técnica (Alcance)

Lo que se busca es desarrollar la Ingeniería necesaria para dar un nivel aceptable de seguridad contra incendio para las instalaciones del muelle del Terminal Portuario de Chancay, en base a un sistema de bombeo contra incendio, un sistema de red principal (hidrantes, monitores y gabinetes), sistemas de rociadores automáticos y extintores.

## 1.5 Definiciones

### 1.5.1 Listado (Listed).

Equipos, materiales o servicios incluidos en una lista publicada por una organización que es aceptable para la autoridad competente y relacionada con la evaluación de productos o servicios, que mantiene inspecciones periódicas de la producción de los equipos o materiales listados, o evaluaciones periódicas de los servicios, y cuyo listado establece que los equipos, materiales o servicios cumplen con normas apropiadas identificadas, o han sido ensayados y considerados aptos para un propósito determinado.

### 1.5.2 Autoridad competente (AC) (Authority Having Jurisdiction, AHJ).

La organización, oficina o individuo responsable de hacer cumplir los requisitos de un código o una norma, o de aprobar equipos, materiales, una instalación o un procedimiento.

### 1.5.3 Debe (Shall).

Indica un requisito obligatorio.

#### **1.5.4 Debería (Should).**

Indica una recomendación o aquello que es aconsejable pero no requerido.

#### **1.5.5 Norma (Standard).**

Un documento, cuyo texto principal contiene solamente disposiciones obligatorias usando la palabra “debe” para indicar requisitos y que está en un formato generalmente adecuado para referencias obligatorias por otra norma o código o para su adopción dentro de la ley. Las disposiciones no obligatorias deben ubicarse en un apéndice o anexo, pie de página, o nota en caracteres pequeños y no deben ser consideradas parte de los requisitos de una norma.

#### **1.5.6 Supresión de incendios (Fire Suppression).**

Reducción drástica de la tasa de liberación de calor de un incendio y evitar que vuelva a crecer, mediante la aplicación de agua en forma directa y suficiente, a través de la pluma del incendio hasta la superficie en combustión.

#### **1.5.7 Sistema diseñado hidráulicamente (Hydraulically Designed System).**

Sistema de rociadores calculado, en el cual los diámetros de las tuberías son seleccionados en base a la pérdida de presión, para proporcionar una densidad de aplicación de agua prescrita, en galones por minuto por pie cuadrado (mm/min), o una presión mínima de descarga o flujo por rociador prescritos, distribuido con un grado razonable de uniformidad, sobre un área específica.

#### **1.5.8 Sistema de rociadores (Sprinkler System).**

Para los propósitos de la protección contra incendios, un sistema integrado por tuberías subterráneas y elevadas, diseñado de acuerdo con normas de ingeniería en protección contra incendios. La instalación incluye una o más fuentes de abastecimiento automático de agua, que alimenta a uno o más sistemas. La parte del sistema de rociadores que se ubica sobre el terreno, es una red de tuberías especialmente dimensionada o diseñada hidráulicamente, instalada en un edificio, estructura o área, generalmente elevada, y a la cual se sujetan rociadores en un patrón sistemático. Cada sistema tiene una válvula de control ubicada en la tubería vertical del sistema o en su tubería de abastecimiento. Cada sistema de rociadores incluye un dispositivo que acciona una alarma cuando el sistema está en funcionamiento. El sistema se activa habitualmente por el calor de un incendio y descarga agua sobre el área de incendio.

#### **1.5.9 Presión de trabajo del sistema (System Working Pressure).**

La máxima presión estática (no dinámica) o presión dinámica prevista aplicada a los componentes del sistema de rociadores excepto por las presiones de arranque y excepto por la presión de la conexión del departamento de bomberos.

#### **1.5.10 Sistema de rociadores de tubería húmeda (Wet Pipe Sprinkler System).**

Sistema de rociadores que emplea rociadores automáticos conectados a un sistema de tuberías que contiene agua y conectado a un abastecimiento de agua, de tal forma que el agua se descarga inmediatamente desde los rociadores abiertos por el calor de un incendio.

#### **1.5.11 Características generales de rociadores (General Sprinkler Characteristics).**

Las siguientes son las características de un rociador que definen su capacidad para controlar o extinguir un incendio.

(a) Sensibilidad térmica. Una medida de la rapidez con la que el elemento térmico opera cuando está instalado en un rociador o conjunto de rociador específico. Una medida de la sensibilidad térmica es el índice de tiempo de respuesta (RTI) medido bajo condiciones de pruebas estandarizadas.

1. Los rociadores definidos como de respuesta rápida tienen un elemento térmico con un RTI de 50 (metros-segundos)<sup>1/2</sup> o menor.
2. Los rociadores definidos como de respuesta estándar poseen un elemento térmico con un RTI de 80 (metros-segundos)<sup>1/2</sup> o mayor.

- (b) Temperatura de Activación.
- (c) Diámetro del orificio (ver el Capítulo 6 de la norma NFPA 13).
- (d) Orientación de la instalación (ver 3.6.2 de la norma NFPA 13).
- (e) Características de la distribución de agua (por ej.: tasa de aplicación, humedecimiento de la pared).
- (f) Condiciones de servicio especiales (ver 3.6.3 de la norma NFPA 13).

#### **1.5.12 Rociador colgante (Pendent Sprinkler).**

Rociador diseñado para ser instalados de tal manera que la corriente de agua se dirija hacia abajo contra el deflector.

#### **1.5.13 Rociador montante (Upright Sprinkler).**

Rociador diseñado para ser instalado de tal forma que la descarga de agua se dirija hacia arriba contra el deflector.

#### **1.5.14 QR, Rociador de respuesta rápida (QR, QuickResponse (QR) Sprinkler).**

Tipo de rociador pulverizador que cumple con los criterios de respuesta rápida del punto 3.6.1(a)(1) de la norma NFPA 13 y que está listado como un rociador de respuesta rápida para su uso previsto.

#### **1.5.15 Rociador convencional/de estilo antiguo (Old-Style/Conventional Sprinkler).**

Rociador que dirige del 40 por ciento al 60 por ciento de la totalidad del agua inicialmente en dirección descendente y que está diseñado para ser instalado con el deflector ya sea en posición vertical o colgante.

#### **1.5.17 Tubería resistente a la corrosión (Corrosion Re-sistant Piping).**

Tubería que tiene la propiedad de ser capaz de resistir el deterioro de su superficie o sus propiedades cuando está expuesta a su ambiente.

#### **1.5.18 Conexión del departamento de bomberos (FireDepartment Connection).**

Conexión a través de la cual el departamento de bomberos puede bombear agua suplementaria en el sistema de rociadores, tomas de agua, u otro sistema, suministrando agua para la extinción de incendios para suplementar los abastecimientos de agua existentes.

#### **1.5.20 Caseta de ataque rápido**

Recinto ubicado sobre o adyacente al hidrante diseñada para contener las boquillas de mangueras necesarias, llaves de mangueras, empaques y llaves de tubo a ser utilizadas conjuntamente en la lucha contra incendios y para brindar ayuda al departamento de bomberos local.

#### **1.5.21 Tubería principal de servicio privado contra incendios (Private Fire Service Main).**

Tubería principal de servicio privado contra incendios, tal como se utiliza en esta norma, es aquella tubería y sus accesorios en una propiedad privada.

- (1) entre una fuente de agua y la base de la tubería vertical del sistema para sistemas de protección contra incendios a base de agua,
- (2) entre una fuente de agua y las entradas a los sistemas de generación de espuma,
- (3) entre una fuente de agua y el codo base de los hidrantes o toberas monitor privados, y
- (4) utilizados como tubería de succión y descarga de la bomba contra incendios,
- (5) que empieza en el lado de entrada de la válvula de retención en un tanque de gravedad o presurizado.

### **1.5.22 Prueba hidrostática (Hydrostatic Test).**

Prueba de un sistema de tuberías cerrado y de sus accesorios que consiste en someter a la tubería a un incremento de la presión interna por un período especificado de duración para verificar la integridad del sistema y el nivel de pérdidas.

### **1.5.23 Válvula de retención (Check Valve).**

Válvula que permite el flujo solamente en una dirección.

### **1.5.24 Válvula indicadora (Indicating Valve).**

Válvula que tiene componentes que muestran si la válvula está abierta o cerrada. Ejemplos son las válvulas de tornillo y guía exteriores (OS&Y) y las válvulas de compuerta subterráneas con postes indicadores.

### **1.5.25 Hidrante (Hydrant).**

Conexión exterior con válvulas hacia un sistema de abastecimiento de agua que brinda conexiones de mangueras.

### **1.5.26 Hidrante de barril seco (Dry Barrel Hydrant).**

Este es el tipo más común de hidrante; tiene una válvula de control por debajo de la línea de heladas. Hay ubicado un drenaje en la parte inferior del barril por encima del asiento de la válvula de control para un adecuado drenaje después de la operación.

### **1.5.27 Hidrante de barril húmedo (Wet Barrel Hydrant).**

Tipo de hidrante que se utiliza a veces donde no hay peligro de clima de heladas. Cada salida de un hidrante de barril húmedo está provista de una salida con válvula roscada para la manguera contra incendios.

### **1.5.28 Aprobado (Approved)**

Aceptable para la autoridad competente.

### **1.5.29 Ensayos no destructivos END**

Básicamente, la aplicación de los métodos de Ensayos No destructivos consiste en la utilización de una serie de técnicas no invasivas para la identificación y caracterización de un material así como la determinación de su integridad.

Contempla, asimismo, la medida de varias de sus características sin dañarlo.

Como principales métodos de END destacan, por su aplicación :

- ✓ Inspección Visual (VT)
- ✓ Radiografiado (RT)
- ✓ Ultrasonidos (UT)
- ✓ Líquidos Penetrantes (PT)
- ✓ Partículas Magnéticas (MT)
- ✓ Detección de Fugas LT (pruebas de presión, pruebas de estanqueidad con halógenos, pruebas de vacío, ...)
- ✓ Determinación de Posición (ultrasonidos)
- ✓ Medidas Dimensionales (ultrasonidos UT, corrientes inducidas ET)
- ✓ Caracterización de Microestructuras (réplicas metalográficas).
- ✓ Estimación de Propiedades mecánicas y físicas (durezas, ultrasonidos,...)
- ✓ Determinación de Composición Química (espectrometría, fluorescencia de Rx)
- ✓ Detección de fugas térmicas: Termografía (defectos de aislamiento y puntos calientes en instalaciones eléctricas, frigoríficas,...)

### 1.5.30 DWT

El tonelaje de peso muerto, TPM, tonelaje de porte bruto o DWT (acrónimo del término en inglés Deadweight tonnage), es la medida para determinar la capacidad de carga sin riesgo de una embarcación, cuyo valor se expresa en toneladas métricas. Como se ve por las unidades empleadas, en realidad se refiere a la masa, no al peso. También es la forma de medir el tamaño de una flota, como la suma del DWT de cada una de las unidades que la compongan.

## CAPITULO II : MARCO TEORICO

### 2.1 Teoría del fuego

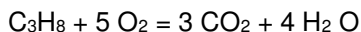
#### 2.1.1 Combustión

La combustión es una reacción exotérmica, auto-mantenida que involucra un combustible sólido, líquido, y/o en fase de gas. El proceso esta usualmente (pero no necesariamente) asociado con la oxidación de un combustible por oxígeno atmosférico. Algunos sólidos pueden quemarse directamente por combustión incandescente o en brasas sin llamas, pero en la combustión en llamas de combustibles sólidos y líquidos, la vaporización sucede antes de la combustión. Es necesario distinguir entre dos tipos de llamas: (1) premezclada, en la cual el combustible gaseoso se mezcla íntimamente con aire antes de la ignición, y (2) difusiva, en la que la combustión tiene lugar en las regiones donde se están mezclando el combustible y el aire. Si tiene lugar la combustión premezclada en un lugar encerrado, ocurre una elevación rápida de presión, produciendo una explosión.

#### 2.1.2 Reacciones de oxidación

El fuego trae consigo reacciones de oxidación que son exotérmicas, es decir, que se genera calor. Las reacciones son complejas y no se comprenden en su totalidad, aunque se pueden hacer ciertas generalizaciones.

Para que ocurra una reacción de oxidación, deben estar presentes un material combustible y un agente oxidante. Los combustibles incluyen innumerables materiales que, debido a sus propiedades químicas, pueden oxidarse para producir especies (compuestos) más estables, como el dióxido de carbono y agua; en consecuencia, por ejemplo.



Los hidrocarburos, tales como el propano  $\text{C}_3\text{H}_8$ , consisten totalmente de carbono e hidrógeno y pueden considerarse como "Combustibles prototipos". Todos los combustibles comunes (orgánicos), ya sean sólidos, líquidos o gaseosos, están basados en el elemento carbono, con importantes proporciones de hidrógeno, y pueden contener también oxígeno (ej., nitrógeno (ej., lana, nylon), cloro (ej., cloruro de polivinilo [PVC]), y así sucesivamente.

En el contexto actual, el agente oxidante más común es el oxígeno molecular ( $\text{O}_2$  del aire, que consiste aproximadamente de una quinta parte de oxígeno y cuatro quintas partes nitrógeno).

Sin embargo, ciertas sustancias químicas son agentes oxidantes poderosos, como el nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) y clorato de potasio ( $\text{KClO}_3$ ), los cuales, si se mezclan íntimamente con un combustible sólido o líquido, producen mezclas sumamente reactivas. Por lo tanto, la pólvora negra es una mezcla física de carbono y azufre (el combustible) con nitrato de sodio como oxidante. Si se incorporan químicamente grupos reactivos a un combustible, tales como el grupo de nitratos, como el nitrato de celulosa o trinitrotolueno (TNT), las especies resultantes pueden ser sumamente inestables y bajo las condiciones apropiadas se descompondrán violentamente.

Hay circunstancias que involucran especies reactivas en las cuales puede tener lugar la combustión sin que haya oxígeno involucrado. Por lo tanto, los hidrocarburos pueden "arder" en una atmósfera de cloro, mientras que el polvo de zirconio se puede inflamar en una atmósfera de dióxido de carbono puro.

#### 2.1.3 Ignición (Ignición Provocada y Auto ignición).

La ignición es el proceso por el cual se inicia la combustión auto sostenida. Considerando primero una mezcla de un gas o vapor inflamable y aire, (ver mas abajo), una ignición provocada se puede obtener con la introducción de una fuente de ignición, como una llama o chispa. Sin embargo, si la temperatura se eleva suficientemente, la mezcla presentará auto ignición, la cual es el comienzo de la combustión espontánea.

Generalmente, para que el proceso de combustión se convierta en auto sostenido, las moléculas de combustible y oxígeno se deben excitar hasta un estado activado, lo que resulta en la formación de especies intermedias altamente reactivas (radicales libres). Estos radicales libres inician reacciones rápidas en cadena ramificadas, que convierten el combustible y el oxígeno en productos de la combustión, con la liberación de calor (energía). La reacción en cadena será auto-sostenida en tanto la velocidad de formación de los radicales iguale (o exceda) su velocidad natural de eliminación (descomposición). Una vez haya ocurrido la ignición, la combustión continuará hasta que todo el combustible u oxidante disponible se haya consumido, o basta que la llama se haya extinguido. Una ignición auto-mantenida puede tener lugar solamente en aquellas situaciones que sean capaces de sostener combustión auto-sostenida. Por ejemplo, si la presión del ambiente (concentración de oxidante en el ambiente) es insuficiente para mantener la combustión, también será insuficiente para la ignición.

Para líquidos y sólidos combustibles, la iniciación de las llamas ocurre en la fase de gas. Se debe suministrar primero la energía térmica (calor) para convertir una parte suficiente del combustible en vapor, creando así una mezcla inflamable de vapor y aire en la vecindad de la superficie. Para la mayoría de los combustibles líquidos, este es simplemente un proceso de evaporación, pero casi todos los combustibles sólidos deben sufrir descomposición química antes de que se libere el vapor. Se puede generalmente identificar la temperatura mínima del líquido o sólido que sea capaz de producir una mezcla inflamable cerca de la superficie del combustible. Para combustibles líquidos, esto se define en términos de la temperatura de la masa del líquido, y se llama punto de inflamación. El mismo fenómeno se puede observar en los combustibles sólidos, pero se define como temperatura de superficie. Se debe anotar que estas son temperaturas de ignición provocada, porque se necesita una fuente externa para incendiar la mezcla y se quemará solamente la mezcla de vapor y aire inflamable. Se debe alcanzar una temperatura ligeramente mas alta (el punto de combustión) para que el combustible líquido (o sólido) continúe ardiendo después de que la mezcla inflamable se ha consumido.

En la práctica, las temperaturas de ignición provocada en sólidos y líquidos pueden ser afectadas por la velocidad del flujo de aire (oxidante), la velocidad de calentamiento, y el tamaño y forma del lecho del combustible. Como resultado, las temperaturas de ignición provocada reportadas, especialmente para sólidos, dependen parcialmente de los métodos específicos de prueba. Generalmente, la ignición provocada de una mezcla de un gas o vapor y aire es afectada por la composición, presión ambiental, y dimensiones del contenedor, lo mismo que por la naturaleza y energía de la fuente. Para una mezcla determinada de combustible y aire, hay una presión mínima por debajo de la cual no ocurre la ignición. A medida que aumenta la temperatura, se requiere menos y menos energía externa para incendiar la mezcla hasta que, a una temperatura suficientemente alta, la mezcla se incendia espontáneamente. Esta temperatura se conoce como temperatura de auto ignición (o ignición espontanea) ("AIT"). La temperatura de auto ignición de un combustible gaseoso también depende de la composición y presión, pero es particularmente sensible al tamaño y forma del recipiente en el cual se efectúa la determinación. Las diferencias en los aparatos de prueba pueden llevar a diferencias significativas en los resultados; por ejemplo, se han reportado diferentes valores de "AIT" (temperatura de autoignición) en la literatura para el mismo vapor (Tab las 1.2.3 y 1.2.4). (Los mismos comentarios son relevantes para la determinación de la "AIT" de combustibles sólidos.)

## 2.2 Riesgo de incendio

De acuerdo a las instalaciones del Terminal Portuario de Chancay definimos la matriz de riesgos :

Area	Riesgo	Norma NFPA	Tipo de riesgo
	<b>Muelle</b>	NFPA 13, 30, 307	Ordinario G2
	Barco atracado	NFPA 13, 30, 307	Ordinario G2
310	Sistema de descarga de buques	NFPA 13, 30, 307	Ordinario G2
315	Sistema de transferencia (Graneles sólidos)	NFPA 13, 30, 307	Ordinario G2
340	Brazo de carga y descarga (Graneles líquido)	NFPA 13, 30, 307	Ordinario G2
	<b>Patio del terminal</b>	NFPA 13, 307	
320	Silo de almacenamiento (Graneles sólidos)	NFPA 13, 307	Ordinario G1
325	Sistema de despacho a camiones (Graneles sólidos)	NFPA 13, 307	Ordinario G1
330	Tripper y Silo australiano (Graneles sólidos)	NFPA 13, 307	Ordinario G1
335	Túnel y sistema de despacho a camiones (Graneles sólidos)	NFPA 13, 307	Ordinario G1
	<b>Edificios</b>		
-	Habitación	NFPA 13	Leve
-	Comedor	NFPA 13	Leve
-	Vestidores	NFPA 13	Leve
-	Taller	NFPA 13	Ordinario grupo 2
-	Almacén	NFPA 13	Mercancías clase I a IV
-	Caseta de control ingreso a puerto y Caseta de vigilancia ingreso peatonal y vehicular	NFPA 13	Leve
350	<b>Tanques de almacenamiento y Sistema de limpieza (Graneles líquidos)</b>	NFPA 11, 30	Líquido combustible
355	Sistema de despacho a cisterna (Graneles líquidos)	NFPA 13, 307	Ordinario G1
360	Sistema de carguío a tanques (Graneles líquidos)	NFPA 13, 307	Ordinario G1
370	<b>Almacén y despacho de diésel #2</b>	NFPA 11, 30	-



## **2.3 El agua como agente extintor**

### **2.3.1 Propiedades Físico-químicas**

Desde el punto de vista físico resulta importante destacar ciertas propiedades físicas del agua que la hacen el agente extintor por excelencia :

- ✓ A temperatura ambiente es un líquido estable.
- ✓ El calor de fusión del hielo es de 80 cal/ gr.
- ✓ Se requiere 1 caloría para elevar en 1°C la temperatura de 1 gr. de agua (14,5 a 15,5 °C Caloría media).
- ✓ El calor de vaporación del agua a presión atmosférica normal es de 540 cal/gr.

Se puede deducir que se requiere 100 kilocaloría para elevar 1 Kg. de agua de 0 °C a 100 °C (punto de ebullición) y desde allí para llevarla al estado de vapor total se requiere 540 Kilocalorías más. En consecuencia si consideramos que el agua se encuentra a temperatura ambiente (20 °C) absorberá en total 620 Kilocalorías para transformarse en vapor (Además el vapor puede sobrecalentarse).

Es esta extraordinaria capacidad de absorción del calor, lo que permite su potente acción de enfriamiento, bajando considerablemente la temperatura de muchas sustancias en combustión y la velocidad de transferencia del calor de la combustión a las capas de combustible.

Otro factor de importancia es que al pasar un cierto volumen de agua del estado líquido a vapor, dicho volumen se incrementa 1.700 veces, y esta gran masa de vapor formada desplaza la fracción de aire equivalente sobre la superficie del fuego, reduciendo así la cantidad de oxígeno disponible para la combustión.

Observado las distintas formas de actuación del agua se observa que el agua actúa físicamente sobre el calor, el oxígeno y el combustible.

Por último hay que recordar que el calor escapa continuamente por radiación, conducción y convección, sólo es necesario absorber una pequeña parte de la cantidad total de calor que está produciendo el fuego para extinguirlo por enfriamiento.

El agua como agente extintor no ha perdido validez y puede ser considerada como el elemento básico de toda técnica de extinción combinada.

#### **2.3.1.1 Propiedades de Extinción**

La extinción de un fuego sólo se consigue si se aplica un agente efectivo en el punto donde se produce la combustión. Durante siglos, el método empleado ha sido dirigir un chorro compacto de agua desde una distancia segura hacia la base del fuego; sin embargo, un método más eficaz consiste en aplicar agua en forma pulverizada, lo que aumenta el efecto refrigerante del agua y la conversión de agua en vapor. A continuación se detallan las formas en que actúa el agua en un incendio.

#### **2.3.1.2 Extinción por enfriamiento**

En la mayoría de los casos, el fuego se extingue cuando la superficie del material en combustión se enfría por debajo de la temperatura a la que produce suficiente vapor para mantener la combustión.

El enfriamiento superficial no es normalmente efectivo sobre productos gaseosos y líquidos inflamables con puntos de inflamación por debajo de la temperatura del agua aplicada. Generalmente, no es recomendable emplear agua para líquidos con puntos de inflamación por debajo de 100 °F (37,8 °C).

La cantidad de agua necesaria para extinguir un fuego depende del calor desprendido por el mismo. La velocidad de extinción depende de la rapidez en la aplicación del agua, del caudal y del tipo de agua que se aplique.

Lo más efectivo es descargar agua a manera que absorba el máximo calor. El agua absorbe el máximo

de calor cuando se transforma en vapor y esto se consigue con mayor facilidad así se aplica pulverizada en vez de un chorro compacto.

La aplicación de agua pulverizada se basa en los siguientes principios :

La velocidad de transmisión del calor es proporcional a la superficie expuesta de un líquido. Para un volumen dado de agua la superficie aumenta drásticamente si el agua se convierte en gotas.

La velocidad de transmisión de calor depende de la diferencia de temperatura entre el agua y el material en combustión o el aire que lo rodea.

La velocidad de transmisión de calor depende del contenido en vapor del aire, especialmente en cuanto a la propagación del fuego.

La capacidad de absorción de calor del agua depende de la distancia recorrida y de su velocidad en la zona de combustión. (En este factor debe tenerse en cuenta la necesidad de descargar un volumen adecuado de agua sobre el fuego).

Otros factores a tener en cuenta para el control por aberturas y a través de las paredes suelos y techos.

### **2.3.1.3 Extinción por sofocación**

El aire puede desplazarse e incluso suprimirse si se genera suficiente vapor. La combustión de determinados materiales puede extinguirse mediante esta acción sofocante, que se produce con más rapidez si el vapor que se genera puede confinarse, del alguna forma, en la zona de combustión. El proceso de absorción de calor mediante vapor termina cuando éste empieza a condensarse, transformación que requiere que el vapor ceda calor.

Los fuegos de materiales combustibles ordinarios se extinguen normalmente por el efecto enfriador del agua, no por sofocación creada por la generación de vapor. Aunque este último puede suprimir las llamas, normalmente no extingue dichos incendios.

El agua puede sofocar el fuego de un líquido inflamable cuando su punto de inflamación esté por encima de los 37,8 °C y su densidad relativa sea mayor que 1,1 y, además no sea soluble en agua. Para conseguir este efecto de la manera más eficaz, se le añade normalmente al agua un agente espumante. El agua debe entonces aplicarse a la superficie del líquido de una forma suave.

### **2.3.1.4 Extinción por emulsificación**

Se logra una emulsión cuando se agitan juntos dos líquidos inmiscibles y uno de ellos se dispersa en el otro. La extinción por este procedimiento se logra aplicando agua a determinados líquidos viscosos inflamables, ya que el enfriamiento de la superficie de dichos líquidos viscosos, como el fuel-oil número 6, la emulsión aparece en forma de espuma espesa, que retrasa la emisión de vapores inflamables. Generalmente, para la extinción por emulsionamiento se emplea una pulverización del agua relativamente fuerte y gruesa. Debe evitarse el empleo de chorros compactos que produciría espumaciones violentas.

### **2.3.1.5 Extinción por dilución**

Los fuegos de materiales inflamables hidrosolubles pueden extinguirse, en algunos casos, por dilución. El porcentaje de dilución necesario varía ampliamente, al igual que el volumen de agua y el tiempo necesario para la extinción. Por ejemplo, la dilución puede aplicarse con éxito contra un fuego en un vertido de alcohol metílico o etílico, si se consigue una mezcla adecuada de agua y alcohol; sin embargo, no es práctica común si se trata de depósitos. El peligro de rebose, debido a la gran cantidad de agua que se requiere, y el de espumación, si la mezcla alcanza la temperatura de ebullición del agua, hace que esta forma de extinción sea escasamente efectiva.

### **2.3.2 Limitaciones en el uso del agua como agente extintor**

A pesar de las enormes ventajas que presenta el agua como agente extintor originada básicamente

por sus propiedades físicas, presenta otras propiedades que hacen limitar su aplicación a la hora de utilizarla en un incendio. A continuación se enumeran algunas de esas desventajas:

### **2.3.2.1 Conductividad eléctrica**

Las impurezas y sales que generalmente tiene el agua la hacen gran conductora de la electricidad, lo que torna muy peligrosos su uso especialmente en instalaciones eléctricas de alto voltaje. Siendo en realidad la cantidad de corriente que pasa por el cuerpo la responsable del shock eléctrico, el peligro no es muy grande para una persona que dirija un chorro de agua sobre una línea con tensión, siempre que esté por debajo de los 600 volts.

El peligro aumenta y es mayor si la persona se encuentra sobre un charco de agua y toma contacto con una parte del circuito eléctrico, pues la descarga a tierra se producirá a través de la persona. A veces las botas de goma debido a su alto contenido de carbono que poseen en su composición no resultan lo suficientemente aisladoras para brindar protección en líneas con alta tensión pues permiten el paso de la corriente.

Experimentalmente está demostrado que según las personas hasta 4 ó 5 mili-Amper se sienten sensaciones desagradables que pueden más o menos soportarlas, pero pasando los 20 a 30 mili-A pueden resultar fatales. Por lo tanto la circunstancia de ser el agua conductora limita su aplicación indiscriminada.

### **2.3.2.2 Temperatura de solidificación y aditivos anticongelantes**

El agua, solidifica a 0 °C, lo que limita su uso en lugares donde esta temperatura puede alcanzarse comúnmente (Sur argentino), dado que las válvulas y cañerías de conducción suelen obturarse y reventar.

En la práctica suele obviarse en alguna medida este inconveniente mediante el sistema de cañerías vacías (cañería seca), en lugar de cañerías con agua o calentamiento del tanque proveedor y/ o usos de aditivos anticongelantes.

Generalmente se suele usar  $\text{CaCl}_2$ , como anticongelante con el agregado de aditivos anticorrosivos teniendo efecto hasta 49 °C aproximadamente. En los sistemas de rociadores automáticos, se puede usar compuestos de glicerina o diversos glicoles, aunque estos últimos presentan ciertas propiedades toxicológicas que impiden su uso cuando el servicio de agua está conectado con el sistema de agua potable.

### **2.3.2.3 Tensión superficial y aditivos humectantes**

La relativa alta tensión superficial del agua retarda su capacidad de penetración en combustibles incendiados, e impide su difusión a través de materiales compactados, empaquetados o apilados. Cuando un fuego se origina o penetra en una masa de material combustible se hace necesario o bien dismantelar esta masa, o bien emplear un agente aditivo humectante para bajar la tensión superficial del agua. Muchos productos químicos pueden ser utilizados como agentes humectantes, pero pocos como buenos agentes extintores porque son tóxicos, corrosivos o inestables cuando se mezclan con agua. Los agentes humectante son efectivos porque reducen la tensión superficial del agua, aumentando de esta forma la superficie libre disponible para la absorción de calor. Hay menos deslizamiento de agua y aumenta de esta forma su efectividad.

### **2.3.2.4 Viscosidad y aditivos espesantes**

La relativamente baja viscosidad del agua hace que ésta se deslice rápidamente por superficies y limite su capacidad para apagar el fuego, mediante la formación de una barrera sobre la superficie de los materiales combustibles. Los aditivos para aumentar la viscosidad del agua (agua espesa) aumentan su efectividad sobre ciertos tipos de incendios.

Dos agentes espesantes utilizados actualmente en los incendios forestales son el CMC (carboximetilcelulosa de sodio) y el Gelgard (nombre comercial de un producto de la compañía

Dow Chemical).

### **2.3.2.5 Aditivos que modifican las características del caudal de agua**

Las pérdidas por fricción en las mangueras son siempre un problema de lucha contra el fuego. Cuanto mayor sea la longitud de la manguera y más agua se bombee, mayor es la pérdida de carga. Con mangueras de buena calidad, la mayor parte de la pérdida de presión se produce por la fricción que se genera entre las partículas de agua debido a la turbulencia de la corriente.

Hasta 1948 se pensaba que poco podía hacerse para reducir las pérdidas por fricción. Por aquella época se descubrió que pequeñas cantidades de determinados polímeros reducían las pérdidas por fricción en corrientes turbulentas. La mayor parte de los investigadores, manifestaron que los polímeros lineales (cadenas químicas rectas sin ramificaciones) son los más eficaces en reducir las pérdidas por fricción debido a turbulencias y, de ellos, el polioxietileno es el más efectivo. La eficacia del efecto reductor de la fricción es función directa de la linealidad de la cadena polimérica. Es compatible con todos los equipos contra incendios y puede emplearse con agua dulce o salada.

A pesar de que el agua es un agente extintor universal, existen otras prohibiciones y precauciones que deben observarse cuando se aplica manualmente sobre algunos materiales ardientes que, o bien reaccionan químicamente, o explotan al contacto con el agua. En otros casos, la acción mecánica de aplicar el agua debe estar controlada con cuidado para no crear condiciones que intensifiquen el riesgo más que controlarlo. A continuación se describen algunos materiales sobre los cuales hay que prestar atención en referencia a su extinción con agua.

### **2.3.2.6 Incendios de productos químicos**

No se debe utilizar agua en materiales como carburos, peróxidos, etc., debido a que, al reaccionar, pueden desprender gases inflamables y calor. Cuando se los humedece, algunos materiales, como la cal viva, se calentarán espontáneamente durante cierto tiempo si no se pudiera disipar el calor debido a las condiciones del almacenaje.

### **2.3.2.7 Metales combustibles**

No se debe utilizar agua en incendios relacionados con metales combustibles, como magnesio, titanio, sodio metálico, hafnio, o metales que son combustibles bajo ciertas condiciones, como el calcio, zinc y aluminio.

### **2.3.2.8 Incendios de gases**

El agua utilizada sobre emergencias de incendios de gases se utiliza generalmente para controlar el calor del incendio mientras que se intenta cortar, o detener, el flujo del gas emitido. El agua rociada aplicada desde las mangueras o desde las lanzas de control o por sistemas de rociadores de agua fijos, se usa continuamente para la dilución de concentraciones de gases inflamables.

### **2.3.2.9 Incendios de líquidos inflamables y combustibles**

El aceite pesado, el aceite lubricante, el asfalto y otros líquidos con puntos de combustión altos, no producen vapores inflamables a no ser que sean calentados. Una vez que hayan entrado en ignición, el calor del incendio causará suficiente vaporización para producir una continua combustión. Si se aplica agua rociada a la superficie de los líquidos con alto punto de combustión que se encuentran ardiendo, el enfriamiento reducirá el grado de vaporización lo suficiente para extinguir el incendio. Si se aplica agua a líquidos con punto de combustión alto que se encuentran ardiendo, puede obtenerse la extinción por emulsiónamiento por medio de una pulverización gruesa.

La capacidad del agua sin aditivos para acabar un incendio, es limitada en líquidos inflamables con bajo punto de combustión, como los líquidos inflamables de clase I. Si el agua alcanza la superficie de un líquido inflamable con bajo punto de combustión, que se encuentra ardiendo en un depósito, con toda probabilidad irá al fondo pudiendo causar que el depósito rebose. En caso de incendios de vertidos, el agua probablemente causará que el incendio se propague.

## 2.4 Conceptos Hidráulicos

### 2.4.1 Caudal

Caudal Q es el volumen de fluido por unidad de tiempo que pasa a través de una sección transversal a la corriente siendo:

$$Q = VA \quad (1)$$

### 2.4.2 Ecuación de continuidad

A través del principio de conservación de la masa se establece que la masa que ingresa en un tubo de corriente es igual a la masa que sale. Por tanto:

$$Q = V_1 A_1 = V_2 A_2 = \text{cte} \quad (2)$$

Donde:

Q: caudal

V: velocidad media

A: área de la sección transversal del tubo

### 2.4.3 Presión

La presión (P) mide la fuerza por unidad de área que causa un fluido por compresión, en la práctica la presión se expresa como altura equivalente de un líquido determinado, por ejemplo en metro de columna de agua.

Al estudiar el flujo de agua en una tubería debemos tener en cuenta que la presión total es la suma de la presión normal (Pn) y la presión de velocidad (Pv).

$$P = P_n + P_v \quad (3)$$

### 2.4.4 Presión Normal

La Presión normal es la que ejerce el fluido contra la superficie de contacto de una tubería o recipiente que lo contiene ya sea en reposo o circulando. Se denomina "presión estática" cuando el fluido se encuentra en reposo, y cuando se encuentra circulando se denomina "presión residual".

La presión que ejerce el fluido está relacionado con su peso específico de acuerdo a la siguiente expresión:

$$P = \omega x h \quad (4)$$

### 2.4.5 Presión de Velocidad

La velocidad que adquiere una partícula de fluido al caer libremente desde una altura (H) es igual a la velocidad que adquiere dicha partícula si se le aplicara una presión. Esta relación se expresa por la ecuación de Torricelli:

$$V = \sqrt{2gH} \quad (5)$$

Donde:

V: velocidad alcanzada (m/s)

g: aceleración de la gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

H: altura de presión a la que se alcanza esa velocidad (m)

La presión de velocidad se puede convertir en altura estática equivalente. Siendo:

$$H_v = \frac{v^2}{2g} \quad (6)$$

Donde:

Hv: altura de velocidad

Pv: 9.81 Hv

### 2.4.6 Altura Total

A lo largo de una tubería que contenga agua en movimiento, existe una altura de presión  $H_p$  que actúa perpendicularmente a las paredes de la tubería, independientemente de su velocidad; también existe una altura de velocidad  $H_v$  que actúa paralelamente a las paredes, sin ejercer presión sobre las mismas. Siendo la altura total:

$$H = h_p + h_v \quad (7)$$

$$P_t = \left( h_p + \frac{v^2}{2g} \right) \quad (8)$$

Donde:

$P_t$ : presión total (kPa)

$h_p$ : altura (m)

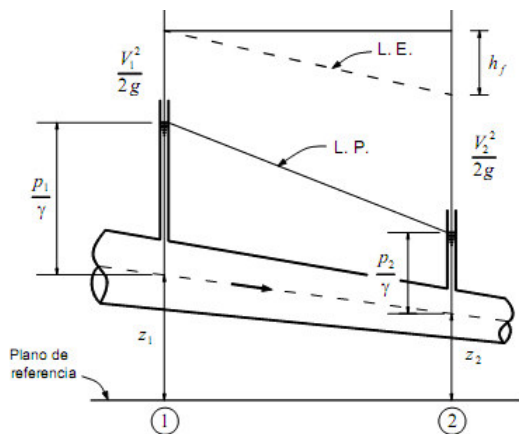
$V$ : velocidad (m/s)

### 2.4.7 Teorema de Bernoulli

En un fluido ideal no hay viscosidad, ni rozamiento, tampoco transformación de energía hidráulica en energía térmica. Si el fluido no cede energía a una máquina ni recibe energía de una máquina en el tránsito desde la sección 1 hasta la sección 2 de un tubo de corriente la energía podrá transformarse pero permanecerá constante de acuerdo al principio de conservación de la energía, quiere decir que la suma de la energía geométrica, la energía de presión y la energía de velocidad debe permanecer constante.

$$\frac{P_1}{\rho g} + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + z_2 + \frac{V_2^2}{2g} = C \quad (9)$$

Sin embargo en un fluido real la viscosidad origina rozamiento tanto del fluido con el contorno de la tubería así como entre las partículas de fluido. Por lo que la ecuación de Bernoulli no se cumple, pero sigue cumpliéndose el principio de conservación de la energía, quiere decir que de las tres clases de energía mencionadas aparece la energía de fricción. Esta fricción en la mecánica de fluidos incompresible no es aprovechable por lo que en este sentido la llamaremos energía pérdida, expresada en forma de altura sería  $h_f$ .



La ecuación de energía para un fluido real es:

$$\frac{P_1}{\rho g} + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_{f_{1-2}} \quad (10)$$

El término  $\frac{V^2}{2g}$  representa la energía de velocidad o energía cinética;  $z$  es la energía geométrica o elevación;  $\frac{P}{\rho g}$  es la energía o altura de presión y,  $h_{1-2}$  es la pérdida de energía entre 1 y 2, en realidad no es energía perdida, sino transformada en calor debido a la fricción.

### 2.4.7.1 Teorema de Bernoulli Generalizado

Si la corriente atraviesa una o varias máquinas que le suministran energía (bombas) experimenta un incremento de energía que, expresada en forma de altura, la llamaremos  $\sum H_b$ . Asimismo si la corriente atraviesa una o varias máquinas a las que cede energía (turbinas) experimenta un decremento de energía que expresada en forma de altura, la llamaremos  $-\sum H_t$ . Por tanto:

La energía del fluido en el punto 1 menos la energía perdida entre el punto 1 y el punto 2 más la energía suministrada al fluido por las bombas que haya entre el punto 1 y el punto 2 menos la energía cedida por el fluido a las turbinas o motores que haya entre el punto 1 y el punto 2, ha de ser igual a la energía en el punto 2. En hidráulica se prefiere, expresar todas estas energías en forma de alturas equivalentes, expresando lo expuesto se tiene la siguiente ecuación:

$$\frac{p_1}{\rho g} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} - \sum_{f1-2} h_{f1-2} + \sum_b H_b - \sum_t H_t = \frac{p_2}{\rho g} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad (11)$$

Donde:

$\frac{p_1}{\rho g}, \frac{p_2}{\rho g}$ : Alturas de presión.

$z_1, z_2$ : Alturas geodésicas.

$\frac{v_1^2}{2g}, \frac{v_2^2}{2g}$ : Alturas de velocidad.

$\sum h_{f1-2}$ : Suma de todas las pérdidas hidráulicas entre 1 y 2.

$\sum H_b$ : Suma de los incrementos de altura proporcionados por las bombas instaladas entre 1 y 2.

$\sum H_t$ : Suma de los incrementos de altura absorbida por los motores (turbinas) instalados entre 1 y 2.

### 2.4.8 Pérdidas de Energía

El cálculo de pérdidas de energía en tuberías pertenece a la práctica diaria del ingeniero en los sistemas de flujo de fluidos, siendo estas de dos clases: primarias y secundarias.

#### 2.4.8.1 Pérdidas Primarias

Son las pérdidas de superficie en el contacto del fluido con la tubería, rozamiento de unas capas de fluido con otras o de partículas de fluido entre sí. Se presentan en flujo uniforme, principalmente en tramos de tubería de sección constante.

En el cálculo de las pérdidas de carga en tuberías juegan un papel discriminante dos factores: el que la tubería sea lisa o rugosa y el que el régimen de corriente sea laminar o turbulento.

##### 2.4.8.1.1 Ecuación de Darcy – Weisbach

Utilizando experimentos de flujos en tuberías de agua entre 1849 y 1850, Henry Darcy estableció la ecuación de resistencia fluida mas general para el caso de tuberías circulares fluyendo a presión, demostrando que la pérdida carga era directamente proporcional al cuadrado de la velocidad media en la tubería y a la longitud de la tubería e inversamente proporcional al diámetro de la misma. Es una ecuación basada en la física clásica, utilizando las variables encontradas por Weisbach, relevantes para explicar la altura piezométrica perdida por efecto de la fricción. La formula fundamental que expresa lo anterior es:

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (12)$$

Donde:

$h_f$ : pérdida de carga primaria

$f$ : Coeficiente de pérdida de carga primaria

$L$ : Longitud de la tubería

$D$ : Diámetro de la tubería

$V$ : Velocidad media del fluido

$g$ : Aceleración de la gravedad

El factor  $f$  es adimensional, en el caso más general el coeficiente de pérdida de carga es función del número de Reynolds y la rugosidad relativa. Los casos en los que se presenta son:

Régimen laminar: con tuberías lisas y con tuberías rugosas

Régimen turbulento: con tuberías lisas y con tuberías rugosas.

### 2.4.8.1.2 Régimen laminar.

En lo que respecta al régimen laminar,  $f$  es simplemente función del número de Reynolds y se obtiene con la ecuación de Poiseuille:

$$f = \frac{64}{Re} \quad (13)$$

### 2.4.8.1.3 Régimen turbulento

En el flujo turbulento el significado de  $f$  es más complejo y es función del número de Reynolds y de la rugosidad relativa.

$$f = \varphi \left( Re, \frac{k}{D} \right) \quad (14)$$

La rugosidad relativa es la relación entre la rugosidad absoluta y el diámetro de la tubería. La rugosidad absoluta depende de la calidad de las paredes.

Dada la compleja naturaleza de la rugosidad absoluta y su difícil representación es que Nikuradse uso rugosidad artificial de diámetro uniforme.

En una tubería hidráulicamente lisa se desarrolla una subcapa laminar, cuyo espesor es bastante mayor que la rugosidad. De acá que las irregularidades del contorno quedan dentro de la sub capa laminar y por lo tanto no tienen significado para el cálculo de  $f$ . siendo:

$$f = \varphi(Re) \quad (15)$$

Para tuberías hidráulicamente lisas Blasius estudió experimentalmente el comportamiento de las tuberías estableciendo que:

$$f = \frac{0,316}{Re^{\frac{1}{4}}} \quad (16)$$

Esta ecuación de Blasius es válida para números de Reynolds menores que 105. Para número de Reynolds mayores, que corresponden a turbulencia plenamente desarrollada, el valor de  $f$  se obtiene con la primera ecuación Karman-Prandtl.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log(Re \sqrt{f}) - 0,8 \quad (17)$$

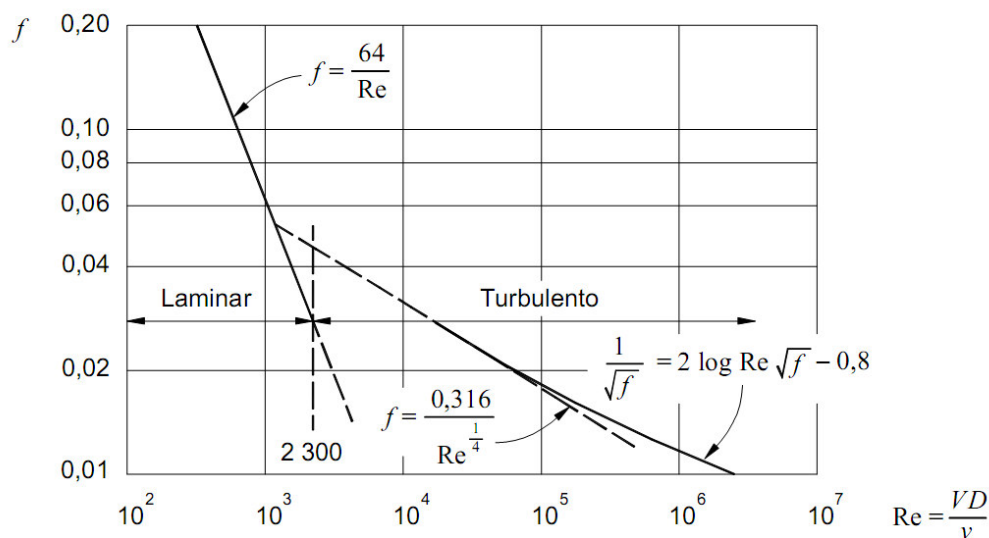


Figura 2.1 Coeficiente  $f$  de Darcy en tubería lisas

En tuberías hidráulicamente rugosas no puede desarrollarse una subcapa laminar, por lo que la velocidad y el coeficiente de Darcy dependen exclusivamente de la rugosidad relativa, y de acuerdo a los resultados experimentales de Nikuradse se tiene:



$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \frac{3,71D}{k} \quad (18)$$

Se observa que  $f$  es independiente del Número de Reynolds

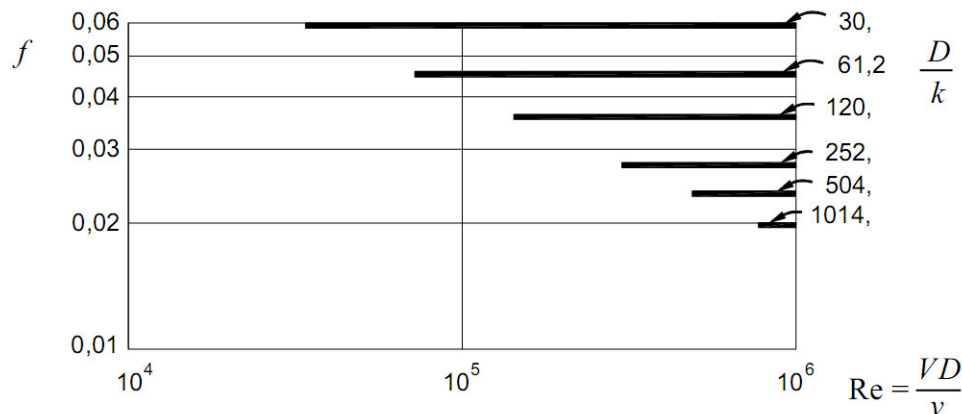


Figura 2.2 Coeficiente  $f$  de Darcy en tubería rugosas

Como podemos apreciar, Nikuradse estudió experimentalmente el comportamiento de las tuberías lisas y rugosas, pero también estudió experimentalmente la fase de transición entre contornos lisos y rugosos.

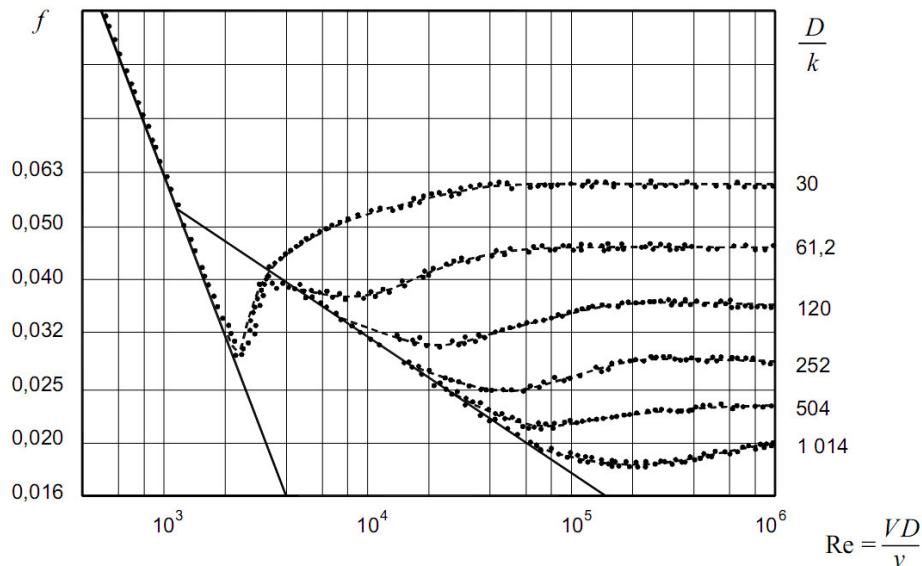


Figura 2.3 Grafico de Nikuradse

Debe tenerse presente que el grafico de Nikuradse corresponde a tuberías de rugosidad artificial.

#### 2.4.8.1.4 Ecuación de Colebrook – White

En el gráfico de Nikuradse se ve claramente que las tuberías mas lisas requieren de un número de Reynolds mayor para apartarse de la ecuación general de las tuberías lisas. En las tuberías de rugosidad natural, como las tuberías comerciales el fenómeno de transición es diferente. Esto se debe a que en una tubería con rugosidad natural las irregularidades del contorno son de diferente tamaño. Basta la presencia de algunas protuberancias mayores que la media para alterar la subcapa laminar. Los valores de  $f$  en la zona de transición se obtienen mediante la fórmula de Colebrook y White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \left[ \frac{3,71}{\sqrt{f}} + \frac{k}{3,71 D \sqrt{f}} \right]$$

Esta ecuación es la formula universal de pérdida de carga en los conductos industriales, los problemas prácticos con frecuencia se encuentran en esta zona de transición.

### 2.4.7.1.5 Diagrama de Moody

Para tuberías comerciales que tienen rugosidad natural, el ingeniero Lewis Moody a principios de la década de 1940 desarrollo un estudio experimental basándose en los resultados de Nikuradse y de Colebrook con el fin de investigar las pérdidas por fricción en tuberías con rugosidades reales. Llego a encontrar a pesar que la rugosidad real de las tuberías comerciales era muy diferente a la rugosidad artificial obtenida pegando arena en el perímetro de tuberías, que se podía obtener una rugosidad equivalente a la rugosidad de arena para cada material. Es decir, encontró que independientemente del diámetro, cada material siempre se comportaba como una arena de diámetro constante. Estableciendo un grafico similar al de Nikuradse, que relaciona el coeficiente  $f$  de Darcy, el número de Reynolds y los valores de la rugosidad relativa, el cual se conoce hoy en día como el diagrama de Moody.

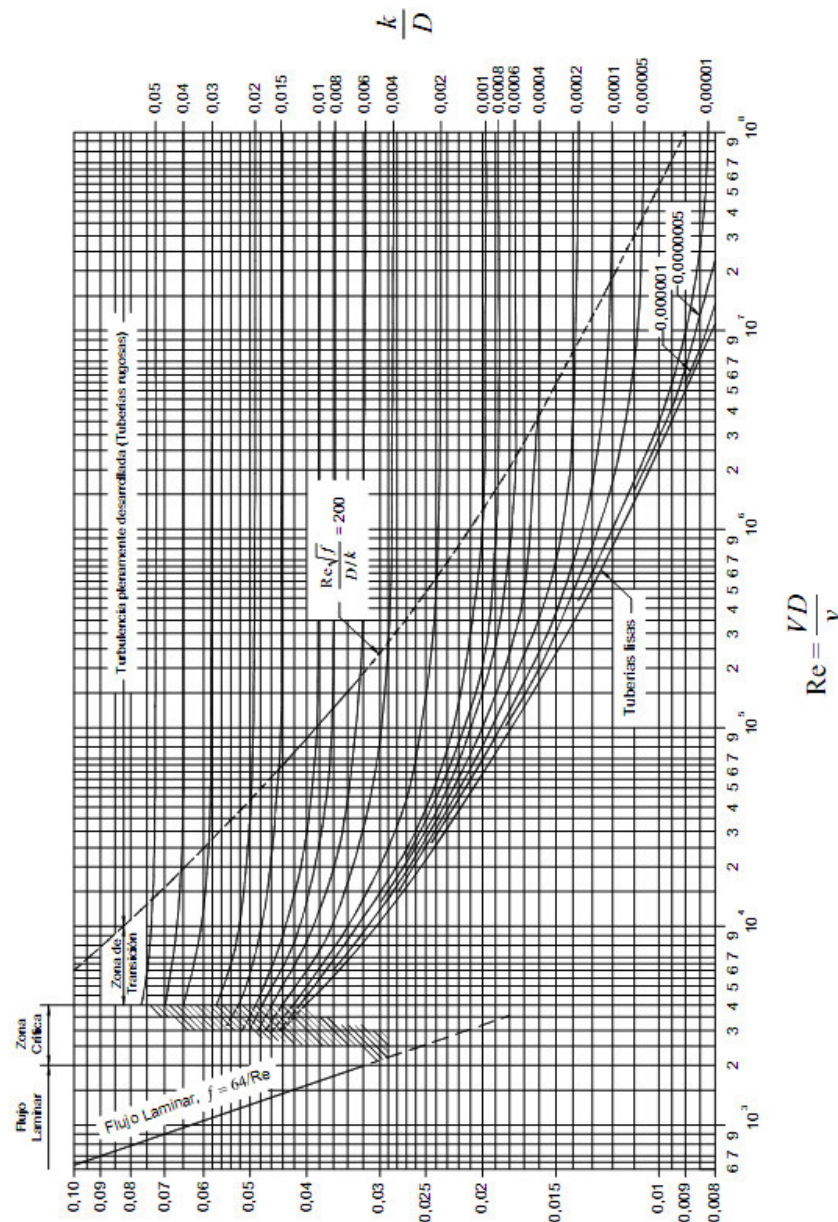


Figura 2.4 Abaco de Moody

### 2.4.8.2 Pérdidas Secundarias

Las pérdidas secundarias son las pérdidas de forma que tienen lugar en los cambios de sección y dirección de la corriente, contracciones, ensanchamientos, codos, válvulas, y en toda clase de accesorios de tubería. Estos elementos producen una perturbación de la corriente que origina remolinos y desprendimientos, que intensifican las pérdidas.

Las pérdidas secundarias en flujo turbulento se expresan generalmente en función de la altura de velocidad y se calculan con la formula siguiente:

$$h_l = k \frac{v^2}{2g} \quad (20)$$

Donde:

$h_l$ : Pérdida de carga secundaria

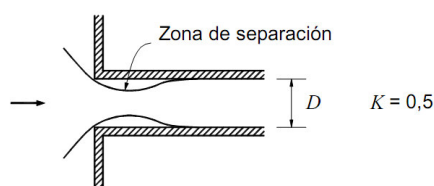
$k$ : Coeficiente adimensional de pérdida de carga secundaria

$V$ : Velocidad media en la tubería

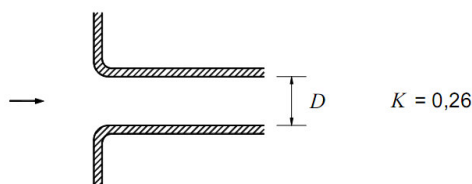
El coeficiente  $k$  depende del tipo de accesorio, del número de Reynolds, de la rugosidad. A las pérdidas secundarias también se les denomina pérdidas locales o menores. Veamos las principales pérdidas locales en flujo turbulento:

Salida

Bordes agudos



Bordes ligeramente redondeados ( $r$  es el radio de curvatura)

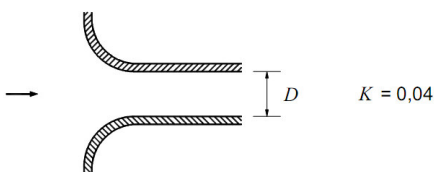


En este caso el valor de  $k$  depende de la relación  $r/D$ . Los valores se toman de la tabla 2.1

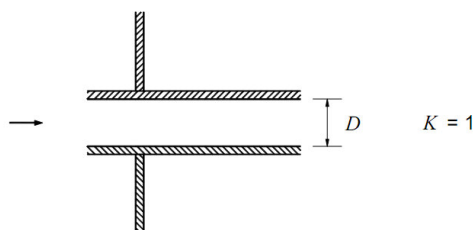
Tabla 2.1

$r/D$	0	0,02	0,04	0,08	0,12	0,16	$> 0,2$
$k$	0,5	0,37	0,26	0,15	0,09	0,06	$< 0,03$

Bordes acampanados. Significa que el contorno tiene una curvatura suave a la que se adaptan las líneas de corriente, sin producirse separación.

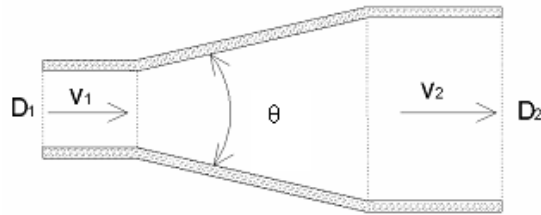


Bordes entrantes (tipo Borda)



Ensanchamiento del conducto

En ciertas conducciones es necesario cambiar de sección de la tubería y pasar a un diámetro mayor. Este ensanchamiento puede ser brusco o gradual y puede representarse mediante un difusor cónico de ángulo  $\theta$ .



La pérdida de carga se calcula en este caso por la formula:

$$h_l = k \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g} \quad (21)$$

El coeficiente k se toma de la siguiente tabla:

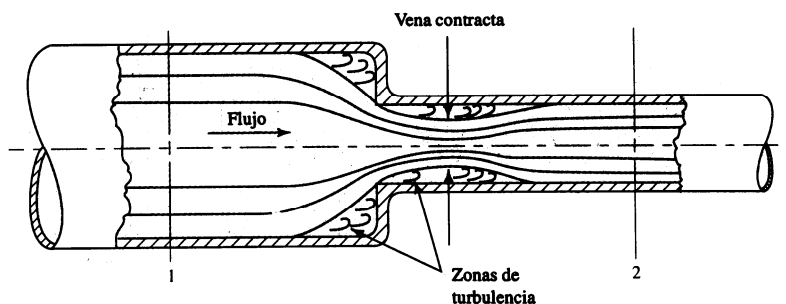
Tabla 2.2

$\theta$	2,5	5	7,5	10	15	20	25	30
k	0,18	0,13	0,14	0,16	0,27	0,43	0,62	0,81

Si el ensanchamiento es brusco ( $\theta = 180^\circ$ ) k es aproximadamente igual a la unidad.

#### Contracción del conducto

La contracción puede ser también brusca o gradual. En general la contracción brusca produce una pérdida de carga menor que el ensanchamiento brusco.



La pérdida de energía entre 1 y 2 se calcula con la siguiente expresión:

$$h_l = \left( \frac{A_2}{A_1} - 1 \right)^2 \frac{V_2^2}{2g} \quad (22)$$

En la que  $A_1$  es el área de la sección transversal en la zona de máxima contracción y  $A_2$  es el área de la tubería menor (aguas abajo).  $V_2$  es la velocidad media en la tubería de menor diámetro (aguas abajo).

#### Cambio de dirección

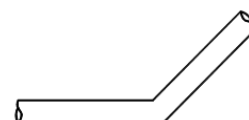
Un cambio de dirección significa una alteración en la distribución de velocidades. Se producen zonas de separación del escurrimiento y de sobrepresión en el lado exterior. Algunos casos la pérdida de carga.

Para codo de  $90^\circ$

$$h_l = 0,9 \frac{V^2}{2g} \quad (23)$$



Para codo de  $45^\circ$



$$h_l = 0,42 \frac{V^2}{2g} \quad (24)$$

#### Válvula y Boquillas

Una válvula produce una pérdida de carga y su coeficiente  $k$  depende del tipo de la válvula (compuerta, mariposa, etc.), del diseño particular dentro de cada tipo y del grado de apertura dentro de cada válvula. Los principales valores de  $k$  son:

Válvula globo (completamente abierta)	10
Válvula de compuerta (completamente abierta)	0,19
Válvula check (completamente abierta)	2,5

Estos valores son referenciales pues varían con el diámetro de la tubería y el grado de apertura. En una boquilla la pérdida de carga es:

$$h_l = \left( \frac{1}{C_v^2} - 1 \right) \frac{V_s^2}{2g} \quad (25)$$

Donde:

$C_v$ : Coeficiente de velocidad

$V_s$ : Velocidad de salida

#### Perdidas secundarias en flujo laminar

Por lo general en el flujo laminar las pérdidas de carga locales son muy pequeñas comparándose con las pérdidas de carga continuas. En el caso más general una pérdida de carga local está formada por dos componentes: la pérdida de energía por rozamiento con el contorno y la pérdida de energía por disipación en formación de vórtices.

$$h_l = h_{roz} + h_{vort} \quad (26)$$

Para el flujo laminar (de acuerdo a las ecuaciones de Darcy)

$$h_{roz} = \frac{64}{Re} \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (27)$$

Que para longitud y diámetro constante equivale a:

$$h_{roz} = \frac{A}{Re} \frac{V^2}{2g} \quad (28)$$

La pérdida de carga por formación de vórtices se considera que es :

$$h_{vort} = B \frac{V^2}{2g} \quad (29)$$

Se tiene que:

$$k = \frac{A}{Re} + B \quad (30)$$

Naturalmente que si el flujo es turbulento

$$k = B$$

Siendo  $A$  y  $B$  dos constantes.

#### 2.4.8.3 Longitudes equivalentes

Este método consiste en considerar las pérdidas secundarias como longitudes equivalentes, es decir longitudes en metros de un trozo de tubería del mismo diámetro que produciría las mismas pérdidas de carga que los accesorios en cuestión. Así cada codo, reducción u otro accesorio se sustituirían por su longitud equivalente  $L_e$ . Se aplicaría la ecuación fundamental de las pérdidas primarias en la siguiente fórmula:

$$h_f = f \frac{(L + \sum L_e)}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (31)$$

Donde:

$h_f$ : Suma total de peridas primarias y secundarias

$f$ : Coeficiente de pérdidas del digrama de Moody

$L$ : Longitud total de los tramos rectos de tuberías

$\sum L_e$ : suma de todas las longitudes equivalentes a los accesorios diversos

$V$ : Velocidad media en la tubería.

Si la tubería cambia de sección se aplicara la ecuación de continuidad

Tabla 2.3 Tabla de longitudes equivalentes de la tubería de acero cedula 40

Accesorios y válvulas	Accesorios y válvulas expresados en pies equivalentes de tubería														
	½ pulg (15 mm)	¾ pulg (20 mm)	1 pulg (25 mm)	1¼ pulg (32 mm)	1½ pulg (40 mm)	2 pulg (50 mm)	2½ pulg (65 mm)	3 pulg (80 mm)	3½ pulg (90 mm)	4 pulg (100 mm)	5 pulg (125 mm)	6 pulg (150 mm)	8 pulg (200 mm)	10 pulg (250 mm)	12 pulg (300 mm)
Codo a 45°	—	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	7 (2.1)	9 (2.7)	11 (3.4)	13 (4)
Codo estándar a 90°	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)	7 (2.1)	8 (2.4)	10 (3)	12 (3.7)	14 (4.3)	18 (5.5)	22 (6.7)	27 (8.2)
Codo de giro largo a 90°	0.5 (0.2)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	5 (1.5)	6 (1.8)	8 (2.4)	9 (2.7)	13 (4)	16 (4.9)	18 (5.5)
Té o cruz (giro de flujo de 90°)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)	8 (2.4)	10 (3)	12 (3.7)	15 (4.6)	17 (5.2)	20 (6.1)	25 (7.6)	30 (9.1)	35 (10.7)	50 (15.2)	60 (18.3)
Válvula mariposa	—	—	—	—	—	6 (1.8)	7 (2.1)	10 (3)	—	12 (3.7)	9 (2.7)	10 (3)	12 (3.7)	19 (5.8)	21 (6.4)
Válvula de compuerta	—	—	—	—	—	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)
Retención tipo chamela*	—	—	5 (1.5)	7 (2.1)	9 (2.7)	11 (3.4)	14 (4.3)	16 (4.9)	19 (5.8)	22 (6.7)	27 (8.2)	32 (9.3)	45 (13.7)	55 (16.8)	65 (20)

Para unidades SI: 1 pulg = 25,4 mm; 1 pie = 0.3048 m

Nota: La información sobre tubería de ½ pulg se incluye en la tabla sólo porque se permite bajo 8.22.19.3 y 8.22.19.4.

\*Debido a las variaciones en el diseño de las válvulas de retención, los equivalentes de los tubos indicados en esta tabla, se consideran un promedio.

## 2.4.9 Análisis de Redes

El estudio de las redes de distribución está basado en las ecuaciones de conservación del momento lineal y de la conservación de la masa que gobiernan el flujo en estos sistemas.

Los dos tipos de redes que estudiaremos son redes abiertas y redes cerradas.

### 2.4.9.1 Redes abiertas

Se caracterizan por no tener ningún circuito cerrado en el sistema, un ejemplo tipo es un sistema de distribución de agua potable.

### 2.4.9.2 Redes cerradas

Conocidas también como sistemas con circuitos cerrados o ciclos. Su característica principal es tener algún tipo de circuito cerrado en el sistema, cualquier zona dentro del área cubierta por el sistema puede ser alcanzada simultáneamente por más de una tubería, aumentando así la confiabilidad del abastecimiento.

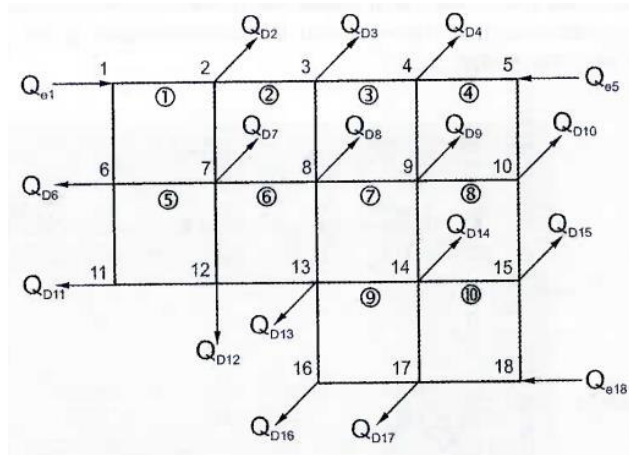


Figura 2.5 Red cerrada

Si se considera una red cerrada como el de la figura xx y se tiene en cuenta que  $Q_{D1}$ ,  $Q_{D2}$ ,  $Q_{D3}$ ,  $Q_{D4}$ , . . . ,  $Q_{DNu}$  son los caudales consumidos en cada uno de los nodos, algunos de los cuales podrían tener un valor nulo en un momento dado, y que  $Q_{e1}$ ,  $Q_{e2}$ ,  $Q_{e3}$ , . . . ,  $Q_{em}$  son los caudales que alimentan la red de distribución, se puede establecer la siguiente ecuación de conservación de la masa:

$$\sum_{i=1}^m Q_e = \sum_{i=1}^{Nu} Q_d \quad (32)$$

Donde:

$Nu$ : es el numero de uniones (nodos) existentes en la red.

#### 2.4.9.2.1 Ecuaciones de continuidad en los nodos que conforman el circuito

Para cada nodo se puede establecer una ecuación similar donde se debe cumplir que la sumatoria de caudales que fluyen en un nodo es igual a cero. Dicha ecuación es:

$$\sum_{j=1}^{NT_i} Q_{ij} - Q_{Di} = 0 \quad (33)$$

Donde:

$NT_i$ : es el numero de tubos que llegan al nodo i, y

$Q_{ij}$ : es el caudal que pasa por la tubería ij hacia el nudo i desde el nudo j.

#### 2.4.9.2.2 Ecuaciones de conservación de la energía entre dos nodos que conforman el circuito.

La pérdida de carga acumulada en una malla cerrada es nula, si la maya es abierta, entonces la suma de las pérdidas de carga entre dos nodos extremos será igual a la diferencia de presión de los mismos. Tenemos como ecuación general

$$\sum_{j=1}^{NT_i} h_{f_{ij}} + \sum_{j=1}^{NT_j} h_{m_{ij}} = \Delta P_{ij} \quad (34)$$

Donde:

$h_{m_{ij}}$ : pérdidas menores entre los nudos i y j

$h_{f_{ij}}$ : pérdidas por fricción entre los nudos i y j

$\Delta P_{ij}$ : pérdidas de presión entre los nudos i y j

0, en el caso de una red cerrada y

$\Delta P_{ij}$ , en el caso de una red abierta.

$NT_j$ : numero de tubos del circuito j.

### 2.4.9.2.3 Ecuaciones de altura piezométrica

Para cada uno de los caudales  $Q_{ij}$  de la ecuación 2-16 se puede plantear la siguiente ecuación de conservación de la energía entre los nodos  $i$  y  $j$ , incluyendo las pérdidas por fricción y las pérdidas menores, en términos de las alturas piezométricas.

$$H_j - H_i = \sum k_{mij} \frac{V_{ij}^2}{2g} + h_f$$

$$H_j - H_i = \frac{V_{ij}^2}{2g} \left( \sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}} \right)$$

$$H_j - H_i = \frac{Q_{ij}^2}{2gA_{ij}^2} \left( \sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}} \right)$$

Si se despeja  $Q_{ij}$  de esta última ecuación se obtiene la siguiente expresión, la cual relaciona el caudal que pasa por la tubería  $i$  y  $j$  con las alturas piezométricas en los nodos  $i$  y  $j$ .

$$Q_{ij} = \frac{H_j - H_i}{\frac{\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}}}{\sqrt{2g} A_{ij}^{1/2}}} \quad (35)$$

Reemplazando en la ecuación 2-16 se tiene:

$$\sum_{j=1}^{NT_i} \frac{H_j - H_i}{\frac{\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}}}{\sqrt{2g} A_{ij}^{1/2}}} - Q_{Di} = 0 \quad (36)$$

donde  $NT_i$  representa el número de tuberías que llegan al nodo  $i$ . A fin de tener en cuenta en forma automática el signo del caudal  $ij$  la ecuación 2-18 se puede cambiar por la siguiente expresión:

$$Q_{ij} = \sqrt{2g} A_{ij} \frac{H_j - H_i}{\left( \sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}} \right)^{1/2}} (|H_j - H_i|)^{1/2} \quad (37)$$

Este tipo de ecuaciones para el diseño y análisis de redes cerradas de tuberías se conocen como las ecuaciones de altura piezométrica. Para este caso se tienen en total  $N - 1$  ecuaciones de este tipo, debiéndose conocer  $H_i$  o cualquier otra altura piezométrica en la red para poder solucionar dichas ecuaciones. En caso contrario se puede suponer alguna de las alturas piezométricas, ya que los valores absolutos de estas no afectan la distribución de caudales. Y además debe tenerse en cuenta que las ecuaciones de altura piezométrica son ecuaciones no lineales.

### 2.4.9.2.4 Ecuaciones de caudal

Por otro lado, a partir de los circuitos de tubos que conforman la red, los caudales pueden ser adyacentes o superpuestos, se pueden plantear las siguientes ecuaciones:

Ecuación de continuidad en las uniones que conforman el circuito:

$$\sum_{j=1}^{NT_i} Q_{ij} - Q_{Di} = 0 \quad (38)$$

Ecuación de conservación de la energía alrededor del circuito:



$$\sum_{j=1}^{NT'_i} h_{f_{ij}} + \sum_{j=1}^{NT'_i} h_{m_{ij}} = 0 \quad (39)$$

donde  $NT'_i$  es el numero de tubos del circuito i. Luego, si se utiliza la ecuación de Darcy – Weisbach en esta ultima ecuación en conjunto con la expresión de las perdidas menores como función de altura de velocidad, se obtiene la siguiente expresión:

$$\sum_{j=1}^{NT'_i} \frac{V_{ij}^2}{2g} (\sum k_{m_{ij}} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}}) = 0$$

$$\sum_{j=1}^{NT'_i} \frac{Q_{ij}^2}{2gA_{ij}^2} (\sum k_{m_{ij}} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}}) = 0 \quad (40)$$

Las ecuaciones de tipo 2-23 se conocen como ecuaciones de caudal de la red. En total se tienen NC ecuaciones de caudal, donde NC es el número de circuitos que conforman la red. Nuevamente se puede observar que son ecuaciones no lineales. Lo anterior implica que para el cálculo de una red cerrada se tiene un número total de ecuaciones igual a NC + (UN-1). Este numero de ecuaciones corresponde, para cualquier red, al número de tubos que la conforman (NT). Por tanto se pueden resolver NT incógnitas, usualmente el caudal en cada tubería; conocidos estos se pueden utilizar las UN-1 ecuaciones de altura piezométrica para calcular las alturas piezométrica en cada nodo.

Debe establecerse una convención de signos para las ecuaciones de caudal 2-23. Los caudales en el circuito se consideran positivos si giran en el sentido horario y negativos si lo hacen en el sentido antihorario. Para asegurar una correcta asignación del signo, estas ecuaciones se pueden transformar en la siguiente expresión:

$$\sum_{j=1}^{NT'_i} \frac{\sum k_{m_{ij}} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}}}{2gA_{ij}^2} Q_{ij} (|Q_{ij}|) = 0 \quad (41)$$

Los métodos de análisis de redes que se describen están diseñados para llevar a cabo esos cálculos de caudales en cada tubería y altura piezométrica en cada nodo. Deben conocerse las variables relacionados con las tuberías como los diámetros, rugosidades, coeficientes de pérdidas menores, accesorios y bombas; y las variables relacionados con los nodos como caudal y altura topográfica. El cálculo de redes es en realidad una comprobación de diseño y no un diseño en sí. Para programas de diseño los métodos de comprobación deben conformar algunas subrutinas del programa.

#### 2.4.10 Método de Newton – Raphson

El método de Newton-Raphson fue empleado por primera vez en 1962 en los cálculos de distribución de redes. Este método numérico permite la solución de ecuaciones no lineales en forma rápida y segura. Las ecuaciones se resuelven mediante iteraciones sucesivas siguiendo la regla de Newton. Donde se debe resolver las siguientes N ecuaciones lineales simultaneas de la forma:

$$-f_i(X_{01}, X_{02}, \dots, X_{0N}) = \sum_{j=1}^N \frac{\partial f_i}{\partial X_j} \partial X_{0j} \quad (42)$$

Donde  $i=1, N$

En forma matricial es:

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial X_1} & \frac{\partial f_1}{\partial X_2} & \dots & \frac{\partial f_1}{\partial X_N} \\ \frac{\partial f_2}{\partial X_1} & \frac{\partial f_2}{\partial X_2} & \dots & \frac{\partial f_2}{\partial X_N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial f_N}{\partial X_1} & \frac{\partial f_N}{\partial X_2} & \dots & \frac{\partial f_N}{\partial X_N} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \partial X_{01} \\ \partial X_{02} \\ \vdots \\ \partial X_{0N} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -f_1 \\ -f_2 \\ \vdots \\ -f_N \end{bmatrix} \quad (43)$$

$\partial X_N]$

$[\partial X_{0N}] \quad [-f_N$

$]$

Esta ecuación puede resolverse por eliminación gaussiana siendo más compacta esta ecuación:

$$\left[\frac{Df}{Dx}\right] [Dx] = [-F] \quad (44)$$

Para el caso de redes cerradas se tiene:

$$\sum_{j=1}^{Nu} Q_{ij} - Q_{Di} = 0 \quad (45)$$

Donde:

Nu: numero de uniones (nodos)

Q<sub>Di</sub>: caudal demandado en la unión i

Reemplazando la ecuación 2-20 en 2-28 se tiene:

$$f(H_1, \dots, H_{Nu}) = \sum_{j=1}^{Nu} \sqrt{2g} A_{ij} \frac{H_j - H_i}{(\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}})^{\frac{1}{2}}} (H_j - H_i)^{\frac{1}{2}} - Q_{Di} = 0 \quad (46)$$

$i = 1, \dots, Nu$

Para aplicar el método se debe calcular la matriz  $\left[\frac{Df}{Dx}\right]$  en este caso:

$$\frac{\delta f_i}{\delta X_j} = \frac{\delta f_i}{\delta H_j} = \frac{1}{2} \frac{\sqrt{2g} A_{ij}}{(\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}})^{\frac{1}{2}}} (H_j - H_i)^{-1/2} \quad (47)$$

$$\frac{\delta f_i}{\delta X_i} = \frac{\delta f_i}{\delta H_i} = - \sum_{j=1}^{Nu} \frac{1}{2} \frac{\sqrt{2g} A_{ij}}{(\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}})^{\frac{1}{2}}} (H_j - H_i)^{-1/2} \quad (48)$$

Finalmente:

$$\frac{\delta f_i}{\delta H_i} = - \sum_{j=1}^{Nu} \frac{\delta f_i}{\delta H_j} \quad (49)$$

En la aplicación del método de Newton-Raphson se debe seguir los siguientes pasos:

Se supone las alturas piezométricas en todos los nodos de la red. Las alturas piezométricas fijadas por tanques o embalses deben permanecer constante a lo largo del proceso.

Se supone en cada tubo de la red que  $\sum h_m$  es cero, luego se calcula el caudal mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{ij} = -2A_{ij} \frac{\sqrt{2gd_{ij}}}{\sqrt{l_{ij}}} \sqrt{h_f} \log_{10} \left( \frac{k_{ij}}{3.7d_{ij}} + \frac{2.51v\sqrt{l_{ij}}}{\sqrt{2gd^3 h_f}} \right) \quad (50)$$

Con el caudal calculado se estiman la velocidad  $V_{ij}$  y las pérdidas menores:

$$\sum_{mij} h_m = (k_{mij}) \frac{V_{ij}^2}{2g} \quad (51)$$

Se calcula un nuevo valor de  $h_{fij}$ :

$$h_{fij} = H_j - H_i - \sum h_{mij}$$

y se determina un nuevo valor de  $Q_{ij}$  en la ecuación 2-25. El proceso sigue hasta que los valores

sucesivos de cada caudal  $Q_{ij}$  sean suficientemente parecidos.  
Con los valores de caudal calculados y mediante la ecuación 2-18:

$$Q_{ij} = \left( \frac{H_j - H_i}{\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{L_{ij}}{d_{ij}}} \right)^{1/2} \sqrt{2gA_{ij}} \quad (51)$$

se calcula:

$$\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{L_{ij}}{d_{ij}} = \frac{H_j - H_i}{Q_{ij}^2 2gA_{ij}} \quad (52)$$

Con los valores de  $\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{L_{ij}}{d_{ij}}$  calculados se estiman los valores de  $\frac{\delta f_i}{\delta H_i}$  y  $\frac{\delta f_j}{\delta H_j}$  en las ecuaciones 2-30 y 2-32 respectivamente. También se determinan los valores de  $f_i$  en la ecuación 2-29. Se plantea la ecuación matricial:

$$\left[ \frac{Df}{DH} \right] [DH] = [-F]$$

y se resuelve para comparar la matriz columna DH:

$$[DH] = \begin{bmatrix} \delta H_1 \\ \vdots \\ \delta H_{Nu} \end{bmatrix}$$

Se corrigen los valores de  $H_i$  y  $H_j$  para todos los nodos:

$$H_{in} = H_{in-1} + \delta H_i$$

Con los nuevos valores de  $H_i$  y  $H_j$  se vuelve al paso 2. Los valores de la altura piezométrica en nodos de altura piezométrica constante no se corrigen. El proceso termina cuando valores sucesivos de los H son razonablemente iguales en iteraciones sucesivas. El proceso converge de manera rápida. Para suposiciones de altura piezométrica iniciales lógicas no se requiere más de cinco iteraciones.

Los nodos de altura piezométrica constante pueden dejarse por fuera del análisis, reduciendo así el número de elementos de las matrices y vectores de la ecuación 2-26.

## 2.5 Componentes del Sistemas contra incendios

Los componentes de un sistema contra incendios son definidos por la norma NFPA.

### 2.5.1 Generalidades

#### 2.5.1.1 Listados

Todos los equipos, materiales que conforman el sistema contra incendio deben ser listados o aprobados para servicio contra incendio. Salvo en cuanto a las tuberías

Para el caso de las tuberías y accesorios roscados y soldables estas no se requieren que sean listadas pero deben ser fabricados bajo la norma que indica las Tablas 6.3.1.1 y 6.4.1. de la norma NFPA 13.

#### 2.5.1.2 Presión nominal.

Los componentes de los sistemas deben estar clasificados para la máxima presión de trabajo a la cual estarán expuestos pero no deben estar clasificados a menos de 175 psi (12.1 bar) para los componentes instalados sobre el terreno y de 150 psi (10.4 bar) para componentes instalados enterrados.

### 2.5.2 Rociadores

Es un dispositivo de supresión o control de incendios que opera automáticamente cuando su elemento termo-activado es calentado hasta o por encima de su clasificación térmica, permitiendo al agua descargarse sobre un área especificada.

Solo deben instalarse rociadores nuevos, nunca usados.

Todos los rociadores deben estar listados por UL para el riesgo que protegerán. El coeficiente de descarga y temperatura de los rociadores especificados en los planos no deben modificarse. Los rociadores deben instalarse respetando la disposición indicada en los planos, siguiendo las indicaciones del fabricante y según las restricciones impuestas por la certificación de UL.

Cuando al momento de realizar la instalación de los rociadores se tenga que enfrentar obstrucciones a la descarga de agua producidas por muros altos, vigas, columnas, letreros, ductos, luminarias y otros equipos. El instalador debe solucionarlas empleando las reglas y criterios establecidos en la NFPA 13 Edición 2010 capítulo 8.5

Se deben dejar seis (6) rociadores de repuesto de cada tipo – modelo, factor K y temperatura en una caja metálica a una temperatura ambiente que no exceda los 38 °C y con las llaves adecuadas para instalarlos.

### 2.5.3 Tuberías por encima del nivel del piso

Todas las tuberías que sean instaladas por encima del nivel del piso deben ser de acero al carbono sin costura ANSI/ASTM A53, sch 40.

Debe cuidarse el aspecto estético, el cual se logrará con una buena alineación de la tubería, correcta instalación de los accesorios, uniformidad en los soportes y colgadores, limpieza, pintura, entre otros.

El instalador debe cuidar de no forzar los diversos componentes del sistema en el proceso de montaje, como por ejemplo, alinear tuberías o soportes ajustando los pernos para corregir desalineaciones.

### 2.5.4 Tuberías Enterradas

Para las tuberías enterradas se debe instalar tuberías y accesorios de Polietileno (PE). conforme AWWA C906.

El tipo y clase de tubería para una instalación subterránea particular, se determinarán mediante la consideración de los siguientes factores :

- ✓ Resistencia al fuego de la tubería
- ✓ Presión de trabajo máxima del sistema
- ✓ Profundidad a la que el tubo se va a instalar
- ✓ Las condiciones del suelo
- ✓ Corrosión
- ✓ Susceptibilidad de tubería a otras cargas externas, incluyendo cargas de tierra, instalación debajo de los edificios y de tráfico de vehículos o cargas

### 2.5.5 Accesorios

Los accesorios roscados, soldables a ser utilizados en la instalación del sistema de agua contra incendio deben cumplir o superar la siguiente tabla :

<b>Materiales y Clase</b>	<b>Norma</b>
Accesorios roscados de hierro colado Clase 125 y 250	ASME B16.4
Bridas para tubería y accesorios bridados de hierro colado	ASME B16.1

Accesorios roscados de hierro dúctil Clase 150 y 300	ASME B16.3
Accesorios de acero forjado soldados a tope en fábrica	ASME B16.9
Extremos para tubería, válvulas, bridas, bridas, y accesorios soldados a tope	ASME B16.25
Bridas para tubos y accesorios bridados de acero	ASME B16.5
Accesorios de acero forjado, con boquilla para soldar y roscados	ASME B16.11
Accesorios para presión de cobre forjado y aleación de cobre para soldadura con estaño	ASME B16.22
Accesorios para presión de cobre fundido aleado para soldadura con estaño	ASME B16.18

Los accesorios ranurados deben ser fabricados de hierro dúctil conforme ASTM A-536 / ASTM A-395

Los empaques de los acoples flexibles y rígidos deben ser fabricados de “E” EPDM

Los pernos, tuercas y arandelas para ajuste deben ser fabricados bajo norma ASTM A-449 / ASTM A-183

Para diámetros hasta 2” puede usar accesorios roscado

Para diámetros de 2.5” y superiores puede usarse accesorios ranurados o soldables

### 2.5.6 Válvulas

Todas las válvulas principales de alimentación y aquellas que controlan el abastecimiento a tuberías principales o sistemas de rociadores, deben, por su construcción o ensamble con otros accesorios, indicar su posición abierta o cerrada y que estando completamente abierta no pueda ser cerrada en menos de 5 segundos. Las válvulas deben seleccionarse observando su presión de trabajo.

Las válvulas deben estar claramente identificadas con marcación indeleble, de metal resistente al agua o plástico rígido. Que indique su posición normal de funcionamiento (normalmente abierta o cerrada) y la instalación debe hacerla accesible y fácil de operar.

Las válvulas deben estar aseguradas con cadena y candado en su posición normal de funcionamiento, el instalador del sistema deberá proveer e instalar los elementos necesarios como tampers switch y pressure switch para el monitoreo de las válvulas respectivas.

Las válvulas de drenaje y las válvulas de prueba deben ser aprobadas.

### 2.5.7 Conexión para el departamento de bomberos

Las conexiones para el departamento de bomberos debe (n) consistir de dos conexiones de 2½ pulgadas (65 mm) que utilizan un accesorio(s) giratorio(s) NH roscado(s) interno(s), con “rosca normalizada 2.5 –7.5” como se especifica en NFPA 1963, Norma para conexiones de mangueras de incendio.

### 2.5.8 Dispositivos de alarma de flujo de agua

Los dispositivos de alarma de flujo de agua deben estar listados para el servicio y contruidos e instalados de tal forma que cualquier flujo de agua de un sistema de rociadores igual o mayor que el de un único rociador auto-mático con el diámetro de orificio más pequeño instalado en el sistema, iniciará una alarma audible en las instalaciones dentro de los 5 minutos a partir del inicio del flujo y hasta que dicho flujo se detenga.

En sistemas de tubería húmeda. El aparato de alarma para sistemas de tubería húmeda debe consistir en una válvula de retención de alarma listada, u otro dispositivo de alarma de detección de flujo de agua listado con los accesorios necesarios requeridos para dar una alarma.

Dispositivos de flujo de agua del tipo paleta. Los indicadores de alarma de flujo de agua del tipo paleta deben instalarse únicamente en sistemas húmedos. Deben ser capaces de detectar un flujo

sostenido de 37,85 lpm (10 gpm) e inicialmente deben ser regulados a un tiempo de retardo de 10 segundos antes que reporten la alarma.

La interconexión con el panel de detección y alarma de incendios es función del instalador del sistema de detección y alarma de incendios.

### **2.5.9 Unión de tuberías y accesorios**

Deberán cumplir con los siguientes requisitos mínimos:

#### **2.5.9.1 Roscas**

Las roscas de las tuberías y accesorios deben fabricarse según es estándar ASME B.1.20.1 Pipe Threads, General Purpose (Inch) [Rosca para tuberías de uso común (pulgadas)]. Con excepción de

las tuberías y accesorios especialmente certificados por UL que se pueden unir por rosca, los siguientes casos NO pueden unirse mediante rosca :

- a. Tubería de Ø 200 mm (8") o mayor de cédula menor que 30
- b. Tubería menor a Ø 200 mm (8") de cédula menor que 40
- c. Unión de tubos mayores a Ø 50 mm (2") con uniones roscadas o uniones universales

Todo cambio de diámetro debe lograrse usando accesorios reductores o con un adaptador (bushing) cuando no exista un accesorio reductor. No está permitido el uso sucesivo de reducciones y/o adaptadores para unos cambios de diámetro.

Para hermetizar la unión, sólo se permite el uso de cinta teflón o un compuesto especialmente indicado para este fin. Se debe comprobar que el tubo no penetre demasiado dentro del accesorio ni que la cinta o compuesto rebalse demasiado de tal manera que se constituyan en una obstrucción al flujo del agua.

#### **2.5.9.2 Soldadura**

Toda soldadura debe realizarse según los requisitos aplicables del estándar AWS B2.1 Specification for Qualification of Welding Procedures and Welders for Piping and Tubing (Calificación de soldadores y procesos de soldadura para tubería). Los soldadores deben tener una calificación vigente para soldar tubería y un procedimiento autorizado por la supervisión de la obra antes de realizar cualquier soldadura. Este certificado debe entregarse a la supervisión antes de que los soldadores empiecen a soldar.

Toda unión por soldadura debe hacerse usando accesorios soldables comerciales, especialmente fabricados para este fin y soldados en el taller. No se permite fabricar accesorios a partir de pedazos de tubería y toda soldadura que necesariamente se deba hacer en el sitio deberá tener el permiso para trabajo en caliente del propietario de la obra.

El soldador deberá cuidar que todo agujero que se haga en una tubería para soldar una salida de menor diámetro sea del diámetro interior de la salida a soldar, los bordes de los agujeros sean limpiados de toda escoria y rebabas y, que el accesorio que se soldará no penetre dentro del tubo al cual será soldado. Los discos de los agujeros hechos a las tuberías deben ser amarrados con alambre cerca a su respectivo agujero hasta que el inspector autorice su desecho.

Las tuberías de Ø 50 mm (2") y menores no deben ser unidas por soldadura excepto por las salidas soldables.



No se permite tapar el extremo de un tubo o accesorio con una plancha soldada. Excepto los accesorios soldables, nada debe soldarse a la tubería como tuercas, colgadores, perfiles metálicos u otros sujetadores. Sólo se permite soldar pequeñas planchas metálicas a las tuberías horizontales principales para asir los soportes longitudinales.

Si se emplea tubería de cobre, todas las uniones deben ser soldadas usando el material de aporte especificado anteriormente.

Todos los cordones de raíz de las tuberías deben inspeccionarse mediante tintes penetrantes y llevarse un registro detallado de los resultados – aceptables e inaceptables – fecha y nombre del soldador.

Es fundamental que el constructor cumpla con llevar el control y registro del soldador, este documento además, constituye parte del Dossier de Calidad.

#### **2.5.9.3 Brida**

Las bridas de acero se instalarán mediante soldadura y las bridas de hierro fundido mediante rosca. Las empaquetaduras serán 3 mm (1/8") de espesor como mínimo y de un material adecuado para agua fría como caucho y lona. Los pernos deben ser de cabeza hexagonal y las tuercas con 1 cara plana hexagonales, ambos según ANSI B18.2 y protegidos contra la corrosión por medio de un baño de zinc o cadmio.

#### **2.5.9.4 Uniones por ranura**

Cuando se usen uniones por ranura mecánica, todos los componentes como empaquetaduras, tallado o corte de ranuras, espesor de la pared del tubo, acoples y accesorios deben ser compatibles entre ellos, certificados por UL o aprobados por FM.

#### **2.5.10 Gabinetes Clase I y Clase II**

Para extinguir un incendio en forma manual, usamos válvulas angulares de 1.5" y 2.5" con mangueras de 1.5"x30m con pitón chorro-niebla, todo instalado dentro de un gabinete de material de poliéster a prueba de corrosión. Las medidas de los gabinetes serán de acuerdo a las especificadas en los planos.

#### **2.5.11 Sistema de Bombeo Contra incendio**

Cuando no se tiene presión estática por gravedad suficiente como en este caso, es necesario instalar un sistema de bombeo contra incendio. En este caso el sistema de bombeo contra incendio está formado por una bomba carcasa partida accionado por motor diesel con su tablero arrancador-controlador, electrobomba jockey y su tablero arrancador-controlador. Todo instalado con sus accesorios de acuerdo a norma NFPA-20 con válvulas en la succión y descarga, tuberías sensoras de presión de ½ para arranque automático.

#### **2.5.12 Monitores**

Para extinguir un incendio en forma manual pero manejar caudales grandes con mayor facilidad usamos monitores con una boquilla que descargar el agua por medio de un chorro o niebla sectorizados con válvulas de corte para su operación o mantenimiento

#### **2.5.13 Hidrantes**

Para extinguir un incendio en forma manual pero manejar caudales grandes con personal entrenado como la brigada de bomberos usamos hidrantes con mangueras con una boquilla de 2.5" que descargan el agua por medio de un chorro o niebla.

### **2.5.14 Extintores Portátiles**

El proyecto cuenta con extintores portátiles, de distintos tipos y clases, aceptándose única y exclusivamente, unidades cuyos ratios de extinción se encuentran listados por UL y de acuerdo con las especificaciones adjuntas.

El instalador deberá instalar los extintores colgándolos, utilizando piezas originales de fábrica y la ubicación será de acuerdo a lo indicado en los planos.

Cada una de las ubicaciones de extintores deberá ser señalizada, de acuerdo con la Norma NFPA10 y NPT 350.043-1 Norma Técnica Peruana, que ha sido utilizada para la selección y distribución de extintores portátiles.

Todos los extintores serán listados UL.

### **2.5.15 Sistema de monitoreo de corrosión**

Con el fin de evitar las obstrucciones en la boquilla de los rociadores por causa de corrosión interna de la tubería de acero al carbono, deberá instalarse equipos de análisis de agua para evaluar el grado de corrosión y dureza del agua. Este medidor será instalado en la descarga del sistema de bombeo.

### **2.5.16 Purga de aire**

La presencia de aire dentro de la tubería es una de las causantes de la putrefacción de la misma, causando una posible contaminación bacteriana dentro de las tuberías, por lo cual deberá instalarse equipos que aseguren la purga total de aire dentro de una red húmeda de agua, especialmente en sistema de rociadores. La ubicación de este dispositivo se encuentra en el punto más alto de la montante al final del recorrido de la tubería.

### **2.5.17 Colgadores, soportes y protección contra sismos**

Por colgador debe entenderse un elemento cuya función es soportar el peso de la tubería llena de agua, sin restricciones contra movimientos laterales, por lo tanto la tubería colgada puede oscilar.

Un soporte es un elemento que restringe los movimientos horizontales y transversales de la tubería colgada y transmite las fuerzas generadas a elementos estructurales capaz de resistirlas.

Un soporte de ramal es un elemento menos exigente que un soporte y su finalidad es restringir los movimientos laterales de los ramales de la tuberías en los sistemas de rociadores.

Todos los colgadores, soportes y formas de instalación están especificados con bastante detalle en el Capítulo 9 del estándar NFPA 13 Edición 2010. Todos los colgadores y soportes empleados deben estar certificados por UL y deben instalarse según las restricciones de dicha certificación.

Se permite fabricar colgadores y soportes de acero siempre y cuando estos colgadores y soportes cuenten con la certificación de un profesional colegiado, soporten 5 veces el peso de la tubería llena de agua más 114 Kg estén instalados en puntos de la estructura que puedan soportar esta carga, no se exceda la máxima distancia permitida entre colgadores especificada en la NFPA 13, que sean metálicos y, con una capa de pintura anticorrosiva de 3 mils correctamente aplicada.

Si se decide usar algún arreglo especial o diferente que los sugeridos, deberá estar correctamente diseñado para soportar no menos que la capacidad máxima del colgador o soporte usado. Si esto incluye soldadura deberán aplicarse procedimientos calificados.

La protección contra sismos está dada por la combinación de soportes en 2 y 4 sentidos con acoplamientos flexibles, permitiendo que en un sismo la tubería siga el desplazamiento de la estructura sin forzarse.

Las juntas estructurales deben ser atravesadas usando ensambles flexibles que liberen a las tuberías de los esfuerzos provocados por el movimiento diferencial de las estructuras durante un sismo.

Todos los recorridos verticales de las tuberías deben tener acoples flexibles y soportes arriba y abajo según las indicaciones del capítulo 9 de la NFPA 13.

### **2.5.18 Pases**

Cuando la tubería atraviesa paredes o divisiones, el diámetro del pase debe ser Ø 50 mm (2") más que el diámetro de la tubería para tubos de hasta Ø 90 mm (3 ½") de diámetro y Ø 100 mm (4") más que el diámetro de la tubería para tubos mayores. El pase de las tuberías en los techos del edificio deberá ser impermeabilizado para que no se genere ningún tipo de filtración de agua por lluvias u otra causa.

Cualquier perforación tales como pases de tuberías, cablería, montantes, ductos metálicos y juntas sísmicas que atraviesen muros, losas o aberturas identificadas como cerramientos contrafuego deberán llevar un sistema de protección con selladores retardantes al fuego de acuerdo con la configuración, material y espesor del pase basados en los sistemas aprobados que aparecen descritos en el Directorio de Productos Resistentes al Fuego de Underwriters Laboratories (UL). El tiempo de resistencia al fuego del pase deberá ser el mismo que el especificado para el muro o losa atravesada.

### **2.5.19 Protección contra la corrosión**

Todos los accesorios, colgadores, soportes, pernos, etc. comerciales deben estar protegidos contra la corrosión mediante el galvanizado en caliente según ASTM A153 Standard Specification for Zinc Coating (Hot Dip) on Iron and Steel Hardware.

Todo lo que sea preparado en el taller, excepto las válvulas, accesorios de bronce y tubería enterrada, deben ser protegidos contra la corrosión con pintura. Los hilos expuestos de las roscas de las tuberías y pernos también deben ser protegidos.

La selección (tipo de anticorrosivo, esmalte, etc.), preparación (tiempo de curado, proporciones), aplicación de la pintura (espesor de capas, método de aplicación, tiempo de secado) y preparación de la superficie a pintar (lijado, desengrasado, arenado) deben hacerse según las recomendaciones del fabricante.

Como mínimo, todo elemento metálico aéreo se pintará según la siguiente especificación :

- a. Preparación de la superficie por arenado: arenado comercial según SSPC-SP6 para acero nuevo.
- b. Una capa de pintura anticorrosiva de 3 mil de espesor seco; ejemplo: imprimante Jet Zinc I-860 o Jet Zinc I-760 marca Ameron CPPQ.
- c. Una capa de pintura de acabado epóxico de 5-8 mils de espesor seco; Jet Pox 2000 marca Ameron CPPQ. El color debe ser el preferido por el propietario, se recomienda rojo Itintec S-1 para la montante aérea. Antes de aplicar la pintura a las tuberías, las pruebas hidrostáticas deben haberse realizado a completa satisfacción.

## **2.7 Códigos y Estándares Aplicables**

Para el desarrollo de esta monografía se tendrán en cuenta los siguientes códigos y Estándares aplicables

- ✓ NFPA 10 Standard for Portable Fire Extinguishers. Edición 2013
- ✓ NFPA 11 Norma para Espumas de Baja, Media y Alta Expansión Edición 2010.
- ✓ NFPA 13 Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores Edición 2010
- ✓ NFPA 14 Norma para las instalación de sistemas de tubería vertical y mangueras Edición 2010
- ✓ NFPA 15 Norma para Sistemas Fijos Aspersores de Agua para Protección contra Incendios Edición 2012
- ✓ NFPA 16 Norma para la instalación de Sistemas de Agua-Espuma y Pulverizadores de Agua-Espuma. Edición 2011

- ✓ NFPA 20 Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias de Protección Contra Incendio Edición 2013
- ✓ NFPA 24 Standard for the Installation of Private Fire Service Mains and Their Appurtenances 2013 Edition
- ✓ NFPA 30 Código de Líquidos inflamables y Combustibles Edición 2012
- ✓ NFPA 307 Standard for the construction and fire protection of marine terminals, piers, and wharves 2016 Edition

4.3.3.1 Rociadores automáticos : Un completo Sistema de rociadores automáticos debe ser instalados para la protección de estructuras combustibles

4.3.3.1.2.1 Los sistemas de rociadores deben ser instalados según NFPA 13

- ✓ RNE Reglamento nacional de edificaciones Ed 2006
- ✓ D.S. No 052-93-EM Reglamento de seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos 18-11-93
- ✓ NPT 350.043-1, Norma Técnica Peruana. EXTINTORES PORTATILES. Selección, distribución, inspección, mantenimiento, recarga y prueba hidrostática

## **CAPITULO III: CRITERIOS Y CALCULOS HIDRAULICOS**

### **3.1 Criterios de diseño**

En este título se definirá la demanda de caudal para cada tipo de riesgo.

En el terminal marítimo de chancay se tienen diferentes tipos de riesgos y en algunos casos no existe información puntual para determinar el caudal de diseño por lo que se considerará el caudal teniendo como base riesgos superiores.

Se utilizará la norma NFPA para definir los riesgos, considerando que la autoridad con jurisdicción lo ha definido como norma a emplearse para realizar el diseño.

#### **3.1.1 General**

En base a las recomendaciones de la norma NFPA definimos los siguientes criterios generales de diseño

- a. NFPA 30 Capítulo 29 Muelles, ítem 29.3.28.2 Donde exista una red principal de agua para incendios, se debe proveer también hidrantes y monitores para poder aplicar chorros de aguas de incendios efectivos a cualquier amarradero o múltiple de carga desde dos direcciones.
- b. NFPA 13 Capítulo 11 Enfoques de diseño, ítem 11.1.6.2 Sistemas con clasificación múltiples de riesgos. La duración del suministro de agua debe estar de acuerdo con :
  - Los requisitos de suministro de agua para la clasificación de riesgo mas elevada dentro del sistema.
  - Los requisitos de suministro de agua para cada clasificación individual de riesgos deben utilizarse en los cálculos para el área de diseño para dicho riesgo.
- c. NFPA 13 Ítem A.5.3.2 Muelles y embarcaderos, riesgo ordinario grupo 2
- d. NFPA 13 Ítem A.5.3.2 Talleres de reparación, riesgo ordinario grupo 2
- e. NFPA 13 Ítem A.5.2 Ocupaciones residenciales (habitaciones), riesgo leve.
- f. NFPA 307 Ítem 7.1 Hidrantes y conexiones de mangueras, sub ítem 7.1.1 Un número suficiente de hidrantes de 2.5 pulgadas se facilitará en o inmediatamente adyacente a todos los muelles, en el patio terminal marítimo para su uso por bomberos públicos o privados para la extinción de grandes incendios de estructura y contenidos y uso en proporcionar protección contra la exposición.
- g. NFPA 307 Ítem 7.2.3 El caudal de lucha contra incendios debe ser diseñado para no menos de una duración de 4 horas.
- h. El diseño se realizará según NFPA 13 Ítem 3.3.12 Sistema diseñado hidráulicamente (Hydraulically Designed System). Sistema de rociadores calculado, en el cual los diámetros de las tuberías son seleccionados en base a la pérdida de presión, para proporcionar una densidad de aplicación de agua prescrita, en galones por minuto por pie cuadrado (mm/min), o una presión mínima de descarga o flujo por rociador prescritos, distribuido con un grado razonable de uniformidad, sobre un área específica.

#### **3.1.2 Mercancías a manejar**

##### **3.1.2.1 Graneles sólidos.**

En base a la información del proyecto, los granos sólidos que se van a manejar son :

Granos de arroz, granos de avena, Torta de soya y fertilizantes

Las explosiones de polvos son el riesgo más importante en la industria de granos. Las medidas preventivas consisten sobre todo en mantener las llamas abiertas (soldadores, sopletes, cigarrillos) lejos de los granos. Si el grano arde, resulta muy difícil de apagar cuando ya el incendio se ha propagado. Cuando el incendio está en etapa incipiente es donde de acuerdo a la hoja de seguridad MSDS de los materiales en caso incendios debemos aplicar agua en forma de rocío, lo cual se logrará con las descarga de las boquillas de los monitores o mangueras en modo niebla ó rocío.

Los fertilizantes de acuerdo a las hojas de seguridad MSDS no son inflamables y no son combustibles, en caso de incendio se debe usar agua en forma de rocío. Ver Anexo II – Hojas MSDS

Según NFPA 13 Capítulo 5 Clasificación de las ocupaciones y mercancías Item 5.2 Riesgo Leve o ligero. Las ocupaciones de riesgo leve deben definirse como las ocupaciones o partes de otras ocupaciones donde la cantidad y/o combustibilidad de los contenidos es baja, y se esperan incendios con bajos índices de liberación de calor.

Según NFPA 13 Capítulo 5 Clasificación de las ocupaciones y mercancías Item 5.3.1 Riesgo ordinario Grupo 1 5.3.1.1 Las ocupaciones de riesgo ordinario Grupo 1 deben definirse como las ocupaciones o partes de otras ocupaciones donde la combustibilidad es baja, la cantidad de combustibles es moderada.

Por lo expuesto podemos definir los gráneles sólidos como riesgo ordinario Grupo 1

En base a NFPA 13 tabla 11.2.2.1

Clasificación Ocupación	Flujo aceptable includido mangueras
Leve	500-750
Ordinario	850-1500

Por lo cual consideramos un caudal de diseño de 1000 gpm para los graneles sólidos.

### 3.1.2.2 Graneles Líquidos.

En base a la información del proyecto, los graneles líquidos que se van a manejar son :

Aceite de pescado y aceite de soya.

Según las hojas de seguridad MSDS el punto de inflamación de estos fluidos es 285 °C. Ver Anexo II – Hojas MSDS

Por lo que de acuerdo a NFPA 30 estos fluidos se clasifican como líquidos combustibles clase IIIB cuyos puntos de inflamación son mayores o iguales a 93°C

Aplicamos la norma NFPA según los siguientes criterios:

NFPA 30 cap 29 Muelles Item 29.1.1 Aplica a todos los muelles cuyo propósito primario sea la transferencia de líquidos a granel.

NFPA 30 Capítulo 29 Muelles, ítem 29.3.28.2 Donde exista una red principal de agua para incendios, se debe proveer también hidrantes y monitores para poder aplicar chorros de aguas de incendios efectivos a cualquier amarradero o múltiple de carga desde dos direcciones.

NFPA 30 ítem A.29.3.38 la tabla a continuación provee una tabla guía sobre el caudal de protección contra incendios, típicamente presente en los muelles y terminales marítimos que manejan líquidos inflamables, en función de la capacidad del barco.

Barco	Agua	Monitores/Hidrantes
DWT	gpm	
20,000 - 70,000	2000	2 x 1000

Según la información del proyecto, para el caso del Terminal Portuario de Chancay la capacidad máxima del barco que se prevee atender es de 45,000 DWT.

En base a estos criterios para los graneles líquidos se considera un caudal de diseño de 1500 gpm (5678 lpm).

### **3.1.3 Riesgos**

#### **3.1.3.1 Muelle**

Según el plano de planta P-001-16 dentro del muelle tenemos los siguientes riesgos :

- ✓ 310 Sistema de descarga de buques
- ✓ 315 Sistema de transferencia (Graneles sólidos)
- ✓ 340 Brazo de carga y descarga (Graneles líquidos)
- ✓ Barco atracado

En el muelle se va a trabajar con graneles sólidos y graneles líquidos, por lo cual tomaremos 1500 gpm (5678 lpm) como caudal de diseño. Según lo sustentado en el ítem 3.1.1 b) y en los ítems 3.1.2.1 y 3.1.2.2.

#### **3.1.3.2 Patio del terminal**

Según el plano de planta P-001-16 dentro del muelle tenemos los siguientes riesgos :

- ✓ 320 Silo de almacenamiento (Graneles sólidos)
- ✓ 325 Sistema de despacho a camiones (Graneles sólidos)
- ✓ 330 Tripper y Silo australiano (Graneles sólidos)
- ✓ 335 Tunel y sistema de despacho a camiones (Graneles sólidos)

En el patio del terminal se va a trabajar con graneles sólidos, por lo cual tomaremos 1000 gpm (3785 lpm) como caudal de diseño. Según lo sustentado en el ítem 3.1.2.2.

#### **3.1.3.3 Almacén y despacho de petróleo diésel #2**

Según el plano de planta P-001-16 tenemos el siguiente riesgo :

- ✓ 370 Almacén y despacho de diésel #2.

El petróleo diésel #2 se utilizará para uso de las operaciones del Terminal Portuario de Chancay.

Según NFPA 30 y NFPA 11 un incendio en un hidrocarburo como el petróleo diésel #2 se combate con una mezcla de agua-espuma al 3% de concentrado de espuma. Por lo que de los cálculos el 97% será agua.

Según los planos del proyecto las características geométricas del tanque y el dique que contiene al tanque en caso de derrame son :

- ✓ El diámetro del tanque de petróleo diésel #2 es de 9.2m
- ✓ El área de la superficie expuesta a incendios es de 66.48 m<sup>2</sup>.
- ✓ El área efectiva del dique en caso de derrame es de 163.52 m<sup>2</sup>.
- ✓ El tanque es de tipo techo cónico.

Por la hoja de seguridad MSDS el punto de inflamación del petróleo diésel #2 es de 52°C

Por la norma NFPA 30 el petróleo diésel #2 se define como líquido combustible clase 2 cuyo punto de inflamación está entre 37.8 y 60 °C.

Según NFPA 11 tabla 5.2.4.2.2, usaremos esta tabla para determinar el flujo para la protección con agua-espuma con mangueras o monitores para tanques de almacenamiento de techo fijo que contienen hidrocarburos.

Tipo Hidrocarburo	Tasa mínima aplicación		Tiempo mínimo de descarga
Punto de inflamación	lpm/m2	gpm/pies2	min.
Entre 37.8 y 60 °C	6.5	0.16	50

Según NFPA 11 tabla 5.7.3.2, usaremos esta tabla para determinar el flujo para la protección con agua-espuma monitores para áreas represadas como el dique en caso de derrame que contienen líquidos hidrocarburos.

Tipo de salida de espuma	Tasa mínima aplicación		Tiempo mínimo de descarga Hidrocarburo clase 2
	lpm/m2	gpm/pies2	min.
Monitor	6.5	0.16	20

Según lo expuesto aquí encontramos dos riesgos que son :

El petróleo diésel #2 almacenado en tanque

El petróleo diesel #2 que se almacenará en el área represada o dique en caso de derrame.

De los dos considerando que el área del dique es mayor al área del tanque, entonces el dique representa el mayor área, por lo que utilizaremos el área del dique como el mayor riesgo en caso de incendios.

Haciendo los cálculos para 163.52 m2 de área del dique y 6.5 lps/m2 hallamos un caudal de diseño de 1,033.4 lpm (273 gpm) considerando que el 97% es agua.

### 3.1.3.4 Edificio de operaciones, de mantenimiento, Caseta de control y de Vigilancia

Según el plano del proyecto P-001-16 las ocupaciones son las siguientes :

Un solo edificio compuesto por comedor, Vestidores, Almacén y mantenimiento.

Este edificio es una sola estructura cuyas ocupaciones indicadas están separadas por paredes de concreto.

Según NFPA 13 los riesgos podemos definirlo así :

Ocupación	Nombre según NFPA	NFPA 13	Riesgo	Caudal			Presión
				Rociadores	Mangueras	Total	mínima último rociador
				gpm	gpm	gpm	psi
Habitación	Ocupaciones Residenciales	A.5.2, 22.4.4.10.1	Leve	150	100	250	7
Comedor	Area asiento de restaurantes	A.5.2, 22.4.4.10.1	Leve	150	100	250	7
Cocina	Ocupaciones Residenciales	A.5.1, A.5.2, 22.4.4.10.1	Leve	150	100	250	7
Vestidores	Ocupaciones Residenciales	A.5.2, 22.4.4.10.1	Leve	150	100	250	7
Almacén	Almacen en racks	14.4.3, Tabla 14.4.1	Mercancías clase I a IV	1200	250	1450	50
Edificio Mantenimiento	Talleres de reparación	A.5.3.2, 22.4.4.10.1	Ordinario Grupo 2	300	250	550	7
Caseta de control	Oficinas	A.5.2, 22.4.4.10.1	Leve	150	100	250	7

### 3.1.3.5 Graneles líquidos en otras áreas

Según el plano de planta P-001-16 también tenemos graneles líquidos en las siguientes áreas :

350 Tanques de almacenamiento y Sistema de limpieza (Graneles líquidos)

355 Sistema de despacho a cisterna (Graneles líquidos)



### 360 Sistema de carguío a tanques (Graneles líquidos)

Se considera un caudal de 1500 gpm (5678 lpm) como caudal de diseño. Según lo sustentado en el ítem 3.1.2.2

#### 3.1.3.6 Sala eléctrica / Sub estaciones eléctricas

Estas áreas de riesgos se protegen con CO2 según NFPA 12 ó agentes limpios según NFPA 2001, por lo que no es aplicable protección con agua.

#### 3.1.3.7 Tabla resumen de caudal según los riesgos en el terminal marítimo Chancay

La tabla resumen a continuación muestra los caudales mínimos requeridos para extinguir un incendio según los riesgos aplicando los criterios de la norma NFPA.

Area	Riesgo	Norma NFPA	Tipo de riesgo	Area de diseño		Densidad de diseño		Caudal		Caudal Total		Tiempo	Volumen
				m2	pies 2	lpm/m2	gpm/pie2	Rociadores	Monitores / Mangueras	lpm	gpm		
									gpm	lpm	gpm	Horas	m3
	<b>Muelle</b>	NFPA 13, 30, 307	Ordinario G2	-	-	-	-	-	1,500	5,678	1,500	4	1,363
	Barco atracado	NFPA 13, 30, 307	Ordinario G2	-	-	-	-	-	1,500	5,678	1,500	4	1,363
310	Sistema de descarga de buques	NFPA 13, 30, 307	Ordinario G2	-	-	-	-	-	1,500	5,678	1,500	4	1,363
315	Sistema de transferencia (Graneles sólidos)	NFPA 13, 30, 307	Ordinario G2	-	-	-	-	-	1,500	5,678	1,500	4	1,363
340	Brazo de carga y descarga (Graneles líquido)	NFPA 13, 30, 307	Ordinario G2	-	-	-	-	-	1,500	5,678	1,500	4	1,363
	<b>Patio del terminal</b>	NFPA 13, 307		-	-	-	-	-	1,000	3,785	1,000	4	908
320	Silo de almacenamiento (Graneles sólidos)	NFPA 13, 307	Ordinario G1	-	-	-	-	-	1,000	3,785	1,000	4	908
325	Sistema de despacho a camiones (Graneles sólidos)	NFPA 13, 307	Ordinario G1	-	-	-	-	-	1,000	3,785	1,000	4	908
330	Tripper y Silo australiano (Graneles sólidos)	NFPA 13, 307	Ordinario G1	-	-	-	-	-	1,000	3,785	1,000	4	908
335	Túnel y sistema de despacho a camiones (Graneles sólidos)	NFPA 13, 307	Ordinario G1	-	-	-	-	-	1,000	3,785	1,000	4	908
	<b>Edificios</b>												
-	Habitación	NFPA 13	Leve	139	1500	4.10	0.10	150	100	946	250	0.5	28
-	Comedor	NFPA 13	Leve	139	1500	4.10	0.10	150	100	946	250	0.5	28
-	Vestidores	NFPA 13	Leve	139	1500	4.10	0.10	150	100	946	250	0.5	28
-	Taller	NFPA 13	Ordinario grupo 2	139	1500	8.20	0.20	300	250	2,082	550	1.0	125
-	Almacén	NFPA 13	Mercancías clase I a IV		1200		1.00	1200	250	5,488	1,450	1.0	329
-	Caseta de control ingreso a puerto y Caseta de vigilancia ingreso peatonal y vehicular	NFPA 13	Leve	139	1500	4.10	0.10	150	250	1,514	400	0.5	45
350	<b>Tanques de almacenamiento y Sistema de limpieza (Graneles líquidos)</b>	NFPA 11, 30	Líquido combustible	599	6449	2.05	0.10	-	626	2,368	626	0.83	118.40
355	Sistema de despacho a cisterna (Graneles líquidos)	NFPA 13, 307	Ordinario G1	-	-	-	-	-	1,000	3,785	1,000	1	227
360	Sistema de carguío a tanques (Graneles líquidos)	NFPA 13, 307	Ordinario G1	-	-	-	-	-	1,000	3,785	1,000	1	227
370	<b>Almacén y despacho de diésel #2</b>	NFPA 11, 30	-	164	1759	6.50	0.16	273	50	1,223	323	0.83	61
	<b>Datos de Diseño (máxima demanda)</b>									<b>2,368</b>	<b>1,500</b>	<b>4</b>	<b>1,363</b>

### 3.2 Criterios de diseño de la red general de agua, monitores, hidrantes, gabinetes.

En base a la arquitectura del proyecto según el plano P-001-16, aquí se ha planteado el recorrido de la tubería a lo largo de todas las áreas del proyecto para cubrir todos los riesgos y llevar el caudal de agua según la tabla resumen del ítem 3.1.3.7.

El tendido de tubería y los dispositivos como hidrantes, monitores, gabinetes contra incendio, rociadores se han propuesto en cada posición teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- ✓ NFPA 24 Ítem 5.2.1 No deben ser instaladas de menos de 6" de diámetro como un servicio principal privado de suministro de hidrantes
- ✓ NFPA 24 Ítem 5.2.2 (2) Los cálculos hidráulicos deben mostrar que la tubería principal es capaz de suplir la demanda total a la presión adecuada.

- ✓ NFPA 24 Ítem 7.2.3 Los hidrantes deben estar localizados a no menos de 12.2 m de los edificios a proteger.
- ✓ NFPA 24 Ítem 8.1.1 Debe ser provisto un suministro de manguera y equipo donde los hidrantes están destinados para uso por personal de planta o una brigada de incendios.
- ✓ NFPA 24 Ítem 8.2.1 Donde se utilizan casetas de manguera, estas deben estar ubicadas sobre el hidrante o inmediatamente adyacente al mismo.
- ✓ NFPA 24 Ítem 8.6.1 Cuando son usadas casetas de mangueras, además de la manguera, cada una debe estar equipada con los siguiente :
  - Dos boquillas aprobadas de chorro sólido-aspersión ajustables, equipadas con dispositivo de cierre para cada tamaño de manguera provisto.
  - Una llave de hidrante (además de la llave en el hidrante)
  - Cuatro llaves de gancho u orquilla para acoples en cada tamaño de mangueras provisto
- ✓ NFPA 24 Ítem 9.1 Chorros maestros. Los chorros maestros deben ser descargados por boquillas monitoras, boquillas monitoras montados en hidrantes y equipo similar para chorros maestros capás de descargar mas de 250 gpm (946 lpm)
- ✓ NFPA 24 Ítem 9.2 Aplicación y consideraciones especiales. Deben ser provistos chorros maestros como protección para lo siguiente:
  - 1) Grandes cantidades de materiales combustibles localizados en patios
  - 2) Cantidades promedio de materiales combustibles en lugares inaccesibles
  - 3) Ocupaciones que presentan peligros especiales como sea requerido por la autoridad competente.
- ✓ NFPA 24 Ítem 10.10.2.2 Prueba hidrostática 10.10.2.2.1 Toda la tubería y accesorios anexos sujetos a la presión de trabajo del sistema deben ser probados hidrostáticamente a 200 psi (13.8 bar) o 50 psi (3.5 bar) por encima de la presión de trabajo del sistema, lo que sea mayor, y debe mantenerse esa presión a +/- 5 psi (0.35 bar) por 2 horas

### **3.3 Cálculos hidráulicos en la red de tuberías contra incendio del Terminal Portuario de Chancay**

#### **3.3.1 Cálculo Hidráulico por software Pipe Flow Expert V5.12**

PIPEFLOW es un software de cálculo hidráulico.

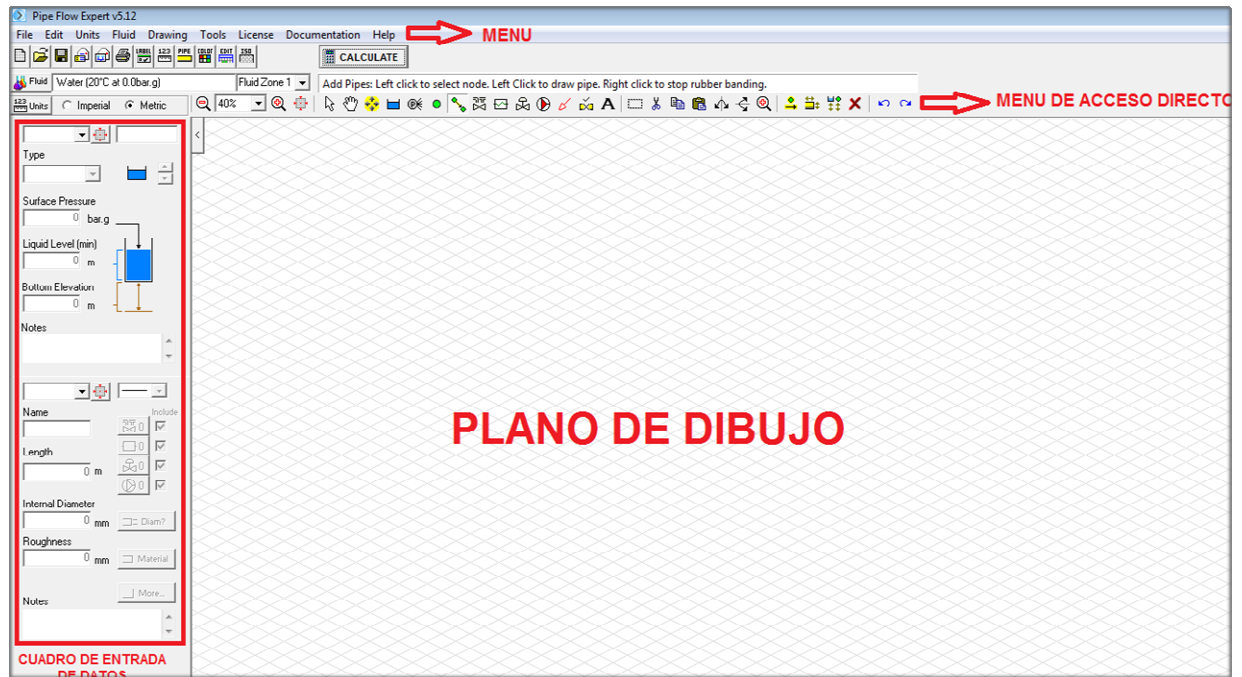
El sistema de tuberías se modela mediante la elaboración del tendido de tuberías y uniéndolos por nodos en un plano de dibujo. Las líneas horizontales, verticales o inclinadas se pueden utilizar para conectar un nodo a otro nodo.

Los datos físicos que describen el sistema es introducido por cada usuario y por lo general incluye:

- ✓ El tipo de material de tubería de la base de datos del software.
- ✓ El diámetro de la tubería de la base de datos del software.
- ✓ Las cotas de cada nodo.
- ✓ El flujo de salida.
- ✓ Los datos de elevación, nivel de líquido y la presión en la superficie de cada tanque desde donde se succiona el agua.
- ✓ Los datos de rendimiento (caudal, presión y otros como eficiencia y NPSH si se tienen disponibles) de cada bomba.

En la parte izquierda del plano de dibujo se encuentran los cuadros de entradas de datos. Estos cuadros de entrada muestran los datos para el nodo o tubería seleccionado en ese momento y se pueden utilizar para modificar los datos actuales. Los datos de un nodo, tubería, componente, bomba, etc., pueden ser modificadas en cualquier momento durante el proceso de diseño (dibujo).

A continuación mostramos la página principal del software Pipe Flow Expert



Una vez que el diseño ha sido completado, el sistema puede ser analizado y los resultados de flujo y presión se puede calcular.

Las pérdidas de presión dentro del sistema se calculan utilizando los factores de fricción obtenidos a partir de la ecuación de Colebrook-White (Ver página 19 Ecuación 19), y la pérdida de presión de fricción para cada tubo se obtiene de la ecuación de Darcy-Weisbach (Ver página 17 Ecuación 12)

Una solución aproximada inicial se obtiene mediante métodos teoría lineal y un enfoque iterativo para ajustar las velocidades de flujo hasta que se logre un equilibrio de presión aproximada.

Las estimaciones iniciales de flujo es poco probable que den un resultado equilibrado de la presión en todo el sistema y deben refinarse aún más el uso de un enfoque iterativo para ajustar las velocidades de flujo hasta que se logre un equilibrio de presión aproximada.

Pipe Flow expert define los elementos del sistema de tubería en una serie de ecuaciones matriciales y utiliza el método de Newton para ajustar las estimaciones de la tasa de flujo en cada tubería.

Una vez que se ha obtenido una solución aproximada, los resultados se refinan usando una variación del método de Newton para garantizar la convergencia hasta que se obtiene un resultado de presión equilibrada.

Los resultados de las tasas de flujo para cada tubería, las velocidades del fluido para cada tubería, números de Reynolds, factores de fricción, pérdidas de presión por fricción para cada tubo, pérdidas de presión en accesorios, presión en nodos, los puntos de operación de la bomba y más se pueden ver en el dibujo y en la malla de resultados en el plano de dibujo.

### 3.3.1.1 Pasos para realizar los cálculos hidráulicos.

Los pasos para hacer los cálculos hidráulicos en el software PIPEFLOW son los siguientes:

#### 3.3.1.1.1 Definir las unidades.

En el menú **Units, Specify Units...**



### 3.3.1.1.3 Criterio de convergencia.

El software utiliza el método de convergencia de Newton Raphson según los siguientes criterios de convergencia:

Configuration Options

Labelling Units Pipe Settings Node Updates Results Colors Calculations

Calculation Settings

**Most systems will solve without any changes to these parameters.**  
However, these values can be amended to change solution criteria or to adjust convergence properties.

System Calculation Tolerances

Loop Balance Final Pressure Tolerance 0.000145 psi

Loop Balance Initial Pressure Tolerance 2.900755 psi

Flow Balance Final Tolerance 0.000001 kg/sec

Calculation Engine

Linear then Newton Convergence

Final Solution Verification

Node Balance to 0.000261 psi

Calculation Iteration Parameters

Max Iterations for Approximate Solution 200

Max Iterations to find Final Solution 2000

Final Iterations Delta Reduction Factor 0.100

Min Velocity for Discharge Estimates 0.100000 m/sec

Max Velocity for Discharge Estimates 50.000000 m/sec

Calculation Warning Parameters

High Velocity warnings for

Liquid Velocity > 5.000000 m/sec

Gas Velocity > 20.000000 m/sec

Reset All entries to the Default Values

OK Cancel

### 3.3.1.1.4 Demandas de caudal.

Hacemos correr el software para dos condiciones críticas de trabajo que a continuación detallamos

#### 3.3.1.1.3.4.1 Condición de máxima demanda.

Según la tabla del ítem 3.1.3.7 la condición de máxima demanda esperada en el muelle es para 1500 gpm (5678 lpm), lo cual se logra colocando tres (3) monitores de 500 gpm (1893 lpm) cada uno en los nodos N105, N108 y N111 que son los hidráulicamente mas lejanos. Estos caudales son fijos en cada nodo.

Al hacer correr el software podremos obtener los resultados. Aquí se verifica que se cumplan las siguientes condiciones:

- ✓ La presión mínima en el nodo N105, que es el hidráulicamente mas lejano, debe ser de 100 PSI (6.89 bar)
- ✓ La suma de caudales de los tres nodos N105, N108 y N111 (Tres monitores) debe ser 1500 gpm (5678 lpm).

Si una de las condiciones indicadas no se cumple, se deben hacer las correcciones necesarias (cambios de diámetros, aumento de presión en la bomba, etc) hasta verificar que se cumplan las dos condiciones. Una vez verificados que los resultados son correctos y cumplen las condiciones indicadas se dará por aceptado el cálculo hidráulico.

La finalidad de realizar este cálculo de máxima demanda, es para obtener los siguientes resultados :

1. Determinar los diámetros de la red de tuberías.

Los diámetros obtenidos son :

- ✓ La tubería de succión de la bomba debe ser de 8"
- ✓ La tubería de descarga de la bomba debe ser de 8"
- ✓ El anillo que recorre todo el terminal debe ser de 8"
- ✓ La tubería que alimenta a los monitores en el muelle debe ser de 8"
- ✓ La tubería que alimenta a un monitor debe ser de 6"
- ✓ La tubería que alimenta a un hidrante debe ser de 6"

2. Verificar que la presión mínima requerida de 100 PSI (6.89 bar) en la salida de los tres monitores hidráulicamente mas lejanos se cumplan. Las presiones obtenidas en los nodos hidráulicamente mas lejanos N105, N108 y N111 son 105.5389, 105.8693 y 108.6689 PSI respectivamente. Con lo cual se cumple esta condición.

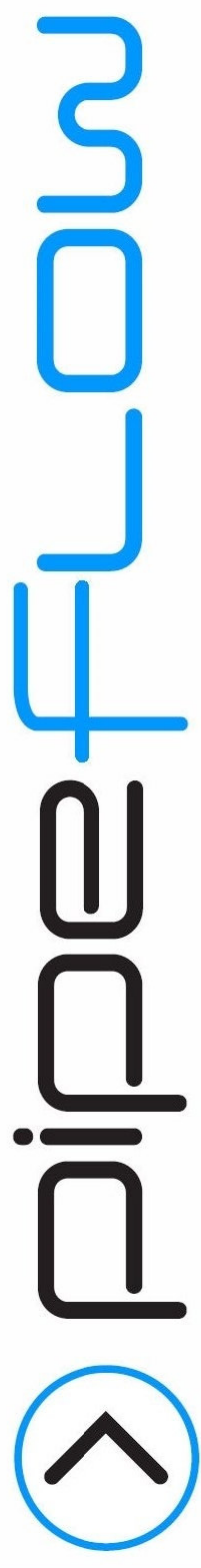
3. Que la suma de los caudales en los tres nodos N105, N108 y N111 (Tres monitores) hidráulicamente mas lejanos sea 1500 gpm (5678 lpm), que es la máxima demanda. El flujo en cada nodo indicado es de 500 gpm, por lo que los tres nodos suman 1500 GPM (5678 lpm).

4. Dimensionar en caudal y presión la capacidad de la bomba contra incendio.

Haciendo varias corridas y haciendo las correcciones de diámetros obtenemos que la capacidad de la bomba debe ser de 1500 gpm @ 140 PSI (5678 lpm @ 9.65 bar).

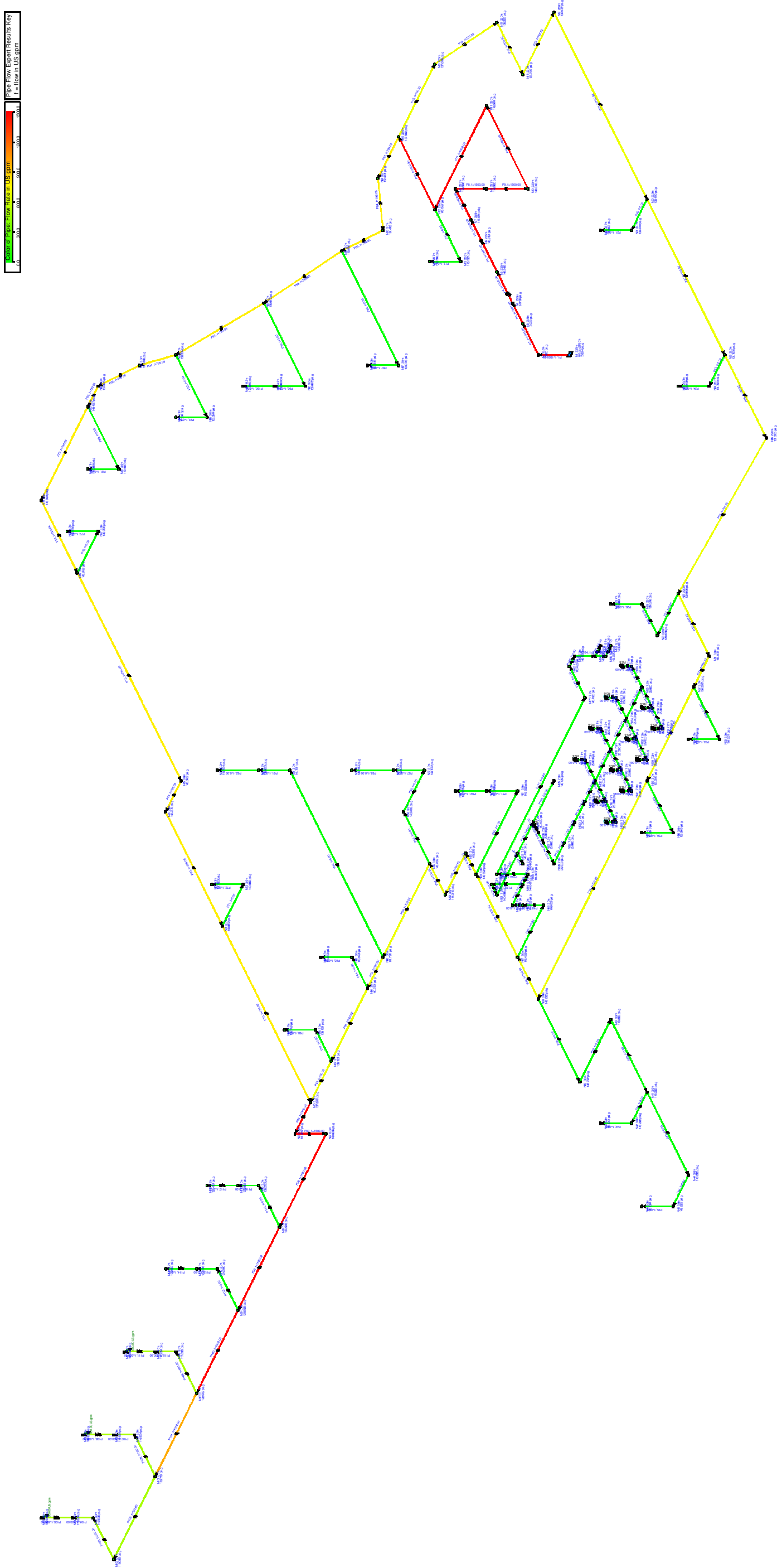
Ver página 4 del cálculo hidráulico que a continuación se muestra donde se indica que la presión de descarga de la bomba (Pump Head) es de 140 PSI (9.65 bar).

A continuación mostramos los resultados del cálculo hidráulico para la condición de máxima demanda usando el software Pipe Flow Expert V5.12 donde se puede corroborar todos los datos que ya hemos indicado en este ítem.



## Cálculos Hidráulicos

Monitores en Muelle - Máxima Demanda





# Fluid Data

Zone	Fluid Name	Chemical Formula	Temperature °C	Pressure psi.g	Density kg/m³	Centistokes	Centipoise	Vapour Pressure psi.a	State
1	Water	H2O	20.000	0.0000	998.000	1.000	1.002	0.348091	Liquid

Pump Data

Pipe Id	Pipe Name	Pump Name	Speed rpm	Pref. Op From US gpm	Pref. Op To US gpm	Flow In/Out US gpm	Velocity ft/sec	Suction Pressure psi.g	Discharge Pressure psi.g	Pump Head (+) psi.g	Pump NPSHr ft.hd (absolute)	Pump NPSHa ft.hd (absolute)	Pump Efficiency Per centage	Pump Power Horsepower
4	P4	Pump	3500	0.00	0.00	1500.00	9.620	6.9693	146.9693	140.000	0.000	49.27	Not known	Not Known

Pipe Data

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter inch	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow US gpm	Velocity ft/sec	Entry Pressure psi.g	Exit Pressure psi.g
1	P1	8" Steel (ANSI) Sch. 40	7.981	0.046	1.000	0.0000	94.4460	1500.00	9.620	7.0974	7.0500
2	P2	8" Steel (ANSI) Sch. 40	7.981	0.046	0.500	0.0000	94.4460	1500.00	9.620	7.0500	7.0263
3	P3	8" Steel (ANSI) Sch. 40	7.981	0.046	1.000	0.0000	94.4460	1500.00	9.620	7.0263	6.9788
4	P4	8" Steel (ANSI) Sch. 40	7.981	0.046	0.700	0.0000	94.4460	1500.00	9.620	6.9788	146.9456
5	P5	8" Steel (ANSI) Sch. 40	7.981	0.046	0.700	0.0000	94.4460	1500.00	9.620	146.9456	146.9124
6	P6	8" Steel (ANSI) Sch. 40	7.981	0.046	0.700	0.0000	94.4460	1500.00	9.620	146.9124	146.8791
7	P7	8" Steel (ANSI) Sch. 40	7.981	0.046	0.700	0.4200	94.4460	1500.00	9.620	146.8791	146.5846
8	P8	8" Steel (ANSI) Sch. 40	7.981	0.046	1.000	0.0000	94.4460	1500.00	9.620	146.5846	146.9630
9	P9	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	1.000	0.4200	94.4460	1500.00	14.088	146.9630	148.0062
10	P10	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	5.000	0.4200	94.4460	1500.00	14.088	148.0062	146.9474
11	P11	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	6.761	0.8400	94.4460	1500.00	14.088	146.9474	145.1527
12	P12	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	3.517	0.4200	0.0000	0.00	0.000	145.1527	145.1527
13	P13	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.700	0.0000	0.0000	0.00	0.000	145.1527	142.7396
14	P14	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	42.391	2.5200	94.4460	1500.00	14.088	145.1527	137.5652
15	P15	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	9.749	0.8400	44.1327	700.92	6.583	137.5652	137.0783
16	P16	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	23.397	0.8400	44.1327	700.92	6.583	137.0783	136.2525

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter inch	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow US gpm	Velocity ft/sec	Entry Pressure psi.g	Exit Pressure psi.g
17	P17	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	14.714	0.4200	44.1327	700.92	6.583	136.2525	135.7647
18	P18	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	26.967	0.4200	44.1327	700.92	6.583	135.7647	134.9727
19	P19	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	37.352	1.9600	44.1327	700.92	6.583	134.9727	133.4740
20	P20	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	133.4740	133.4740
21	P21	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.700	0.0000	0.0000	0.00	0.000	133.4740	131.0608
22	P22	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	45.900	1.9600	44.1327	700.92	6.583	133.4740	131.7630
23	P23	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	131.7630	131.7630
24	P24	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.700	0.0000	0.0000	0.00	0.000	131.7630	129.3499
25	P25	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	24.449	0.4200	44.1327	700.92	6.583	131.7630	131.0335
26	P26	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	54.878	1.9600	44.1327	700.92	6.583	131.0335	129.0996
27	P27	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	19.791	0.4200	0.0000	0.00	0.000	129.0996	129.0996
28	P28	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	4.000	0.4200	0.0000	0.00	0.000	129.0996	129.0996
29	P29	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.700	0.0000	0.0000	0.00	0.000	129.0996	126.6864
30	P30	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	30.530	0.4200	44.1327	700.92	6.583	129.0996	159.4478
31	P31	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	10.964	1.1200	44.1327	700.92	6.583	159.4478	154.5907
32	P32	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.000	0.4200	0.0000	0.00	0.000	154.5907	154.5907

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter inch	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow US gpm	Velocity ft/sec	Entry Pressure psi.g	Exit Pressure psi.g
33	P33	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.700	0.0000	0.0000	0.00	0.000	154.5907	152.1776
34	P34	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	30.407	1.9600	44.1327	700.92	6.583	154.5907	153.2645
35	P35	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.000	0.4200	0.0000	0.00	0.000	153.2645	153.2645
36	P36	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.700	0.0000	0.0000	0.00	0.000	153.2645	150.8513
37	P37	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	182.928	1.6800	44.1327	700.92	6.583	153.2645	148.2322
38	P38	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	43.500	0.4200	0.0000	0.00	0.000	148.2322	148.2322
39	P39	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	38.624	0.4200	0.0000	0.00	0.000	148.2322	148.2322
40	P40	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	34.234	1.5400	0.0000	0.00	0.000	148.2322	148.2322
41	P41	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.000	0.4200	0.0000	0.00	0.000	148.2322	148.2322
42	P42	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	3.048	0.0000	0.0000	0.00	0.000	148.2322	145.1094
43	P43	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	40.421	0.4200	0.0000	0.00	0.000	148.2322	148.2322
44	P44	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	148.2322	148.2322
45	P45	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	2.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	148.2322	145.1094
46	P46	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	48.493	1.9600	44.1327	700.92	6.583	148.2322	146.4569
47	P47	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	3.000	0.4200	0.0000	0.00	0.000	146.4569	146.4569
48	P48	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	1.200	0.1400	0.0000	0.00	0.000	146.4569	144.7535

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter inch	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow US gpm	Velocity ft/sec	Entry Pressure psi.g	Exit Pressure psi.g
49	P49	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	13.432	1.9600	44.1327	700.92	6.583	146.4569	145.5522
50	P50	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	64.000	1.3500	0.0000	0.00	0.000	145.5522	145.5522
51	P51	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	2.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	145.5522	143.8488
52	P52	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	7.165	0.4200	44.1327	700.92	6.583	145.5522	145.2519
53	P53	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	32.938	0.4200	44.1327	700.92	6.583	145.2519	144.3115
54	P54	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	6.268	1.5400	44.1327	700.92	6.583	144.3115	143.7072
55	P55	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	30.033	1.3500	0.0000	0.00	0.000	143.7072	143.7072
56	P56	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	9.000	0.4500	0.0000	0.00	0.000	143.7072	143.7072
57	P57	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	143.7072	142.0038
58	P58	6" Steel (ANSI) Sch. 40	6.065	0.046	14.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	142.0038	120.7114
59	P59	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	54.157	1.9600	44.1327	700.92	6.583	143.7072	141.7911
60	P60	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	76.719	1.6800	0.0000	0.00	0.000	141.7911	141.7911
61	P61	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	141.7911	138.6683
62	P62	6" Steel (ANSI) Sch. 40	6.065	0.046	14.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	138.6683	118.7954
63	P63	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	9.971	1.9600	44.1327	700.92	6.583	141.7911	140.9724
64	P64	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	2.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	140.9724	140.9724

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter inch	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow US gpm	Velocity ft/sec	Entry Pressure psi.g	Exit Pressure psi.g
65	P65	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.700	0.0000	0.0000	0.00	0.000	140.9724	138.5593
66	P66	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	60.000	1.1200	44.1327	700.92	6.583	140.9724	139.1561
67	P67	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	2.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	139.1561	139.1561
68	P68	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.700	0.0000	0.0000	0.00	0.000	139.1561	136.7429
69	P69	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	30.479	1.9600	44.1327	700.92	6.583	139.1561	137.8281
70	P70	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	76.800	1.6800	50.3134	799.08	7.505	140.8852	137.8281
71	P71	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	140.8852	140.8852
72	P72	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	2.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	140.8852	137.7623
73	P73	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	20.000	1.9600	50.3134	799.08	7.505	142.2579	140.8852
74	P74	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	19.450	1.2600	50.3134	799.08	7.505	143.3482	142.2579
75	P75	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	50.231	0.8400	50.3134	799.08	7.505	145.2498	143.3482
76	P76	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	145.2498	145.2498
77	P77	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.700	0.0000	0.0000	0.00	0.000	145.2498	142.8366
78	P78	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	27.000	1.9600	50.3134	799.08	7.505	146.8431	145.2498
79	P79	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	73.200	0.8400	50.3134	799.08	7.505	149.4687	146.8431
80	P80	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	23.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	149.4687	149.4687

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter inch	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow US gpm	Velocity ft/sec	Entry Pressure psi.g	Exit Pressure psi.g
81	P81	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.700	0.0000	0.0000	0.00	0.000	149.4687	147.0556
82	P82	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	4.459	1.9600	50.3134	799.08	7.505	150.3515	149.4687
83	P83	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	56.698	0.8400	50.3134	799.08	7.505	137.5652	162.4301
84	P84	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	20.164	0.8400	50.3134	799.08	7.505	162.4301	161.4763
85	P85	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	20.919	1.9600	50.3134	799.08	7.505	161.4763	160.0746
86	P86	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	31.485	0.0000	0.0000	0.00	0.000	160.0746	160.0746
87	P87	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	2.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	160.0746	156.9518
88	P88	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	83.914	1.9600	50.3134	799.08	7.505	160.0746	156.6872
89	P89	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	2.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	156.6872	156.6872
90	P90	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	2.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	156.6872	154.9838
91	P91	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	82.180	1.9600	50.3134	799.08	7.505	156.6872	153.3544
92	P92	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	15.582	0.0000	0.0000	0.00	0.000	153.3544	153.3544
93	P93	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.700	0.0000	0.0000	0.00	0.000	153.3544	150.9413
94	P94	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	45.795	0.0000	50.3134	799.08	7.505	153.3544	151.9108
95	P95	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	39.373	0.8400	50.3134	799.08	7.505	151.9108	150.3515
96	P96	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	2.000	0.4200	94.4460	1500.00	14.088	137.8281	141.3267



Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter inch	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow US gpm	Velocity ft/sec	Entry Pressure psi.g	Exit Pressure psi.g
97		8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	1.000	0.4200	94.4460	1500.00	14.088	141.3267	140.6666
98		8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	46.561	1.1200	94.4460	1500.00	14.088	140.6666	134.5318
99		8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	45.000	1.1200	94.4460	1500.00	14.088	134.5318	128.5525
100		8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	45.000	1.1200	94.4460	1500.00	14.088	128.5525	122.5732
101		8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	45.000	1.1200	62.9640	1000.00	9.392	122.5732	119.7737
102		8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	45.000	0.5600	31.4820	500.00	4.696	119.7737	119.0853
103		6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.500	0.4500	31.4820	500.00	7.962	119.0853	114.5630
104		6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.000	0.0000	31.4820	500.00	7.962	114.5630	113.0955
105		6" Steel (ANSI) Sch. 40	6.065	0.046	3.000	0.5100	31.4820	500.00	5.553	113.0955	105.5389
106		6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.500	1.2900	31.4820	500.00	7.962	119.7737	114.8934
107		6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.000	0.0000	31.4820	500.00	7.962	114.8934	113.4259
108		6" Steel (ANSI) Sch. 40	6.065	0.046	3.000	0.5100	31.4820	500.00	5.553	113.4259	105.8693
109		6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.500	1.2900	31.4820	500.00	7.962	122.5732	117.6929
110		6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.000	0.0000	31.4820	500.00	7.962	117.6929	116.2254
111		6" Steel (ANSI) Sch. 40	6.065	0.046	3.000	0.5100	31.4820	500.00	5.553	116.2254	108.6689
112		6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.500	1.2900	0.0000	0.00	0.000	128.5525	124.2940
113		6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	124.2940	122.8745

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter inch	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow US gpm	Velocity ft/sec	Entry Pressure psi.g	Exit Pressure psi.g
114	P114	6" Steel (ANSI) Sch. 40	6.065	0.046	3.000	0.5100	0.0000	0.00	0.000	122.8745	115.4932
115	P115	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.500	1.2900	0.0000	0.00	0.000	134.5318	130.2733
116	P116	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	130.2733	128.8538
117	P117	6" Steel (ANSI) Sch. 40	6.065	0.046	3.000	0.5100	0.0000	0.00	0.000	128.8538	121.4724
118	P118	6" Steel (ANSI) Sch. 40	6.065	0.046	0.800	0.1400	0.0000	0.00	0.000	144.7535	144.0437
119	P119	6" Steel (ANSI) Sch. 40	6.065	0.046	1.000	1.2000	0.0000	0.00	0.000	144.0437	144.0437
120	P120	6" Steel (ANSI) Sch. 40	6.065	0.046	2.200	2.5300	0.0000	0.00	0.000	144.0437	140.4950
121	P121	6" Steel (ANSI) Sch. 40	6.065	0.046	0.500	0.4500	0.0000	0.00	0.000	140.4950	140.4950
122	P122	6" Steel (ANSI) Sch. 40	6.065	0.046	1.500	1.6500	0.0000	0.00	0.000	140.4950	140.4950
123	P123	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	3.048	0.0000	0.0000	0.00	0.000	140.4950	140.4950
124	P124	6" Steel (ANSI) Sch. 40	6.065	0.046	6.400	1.2000	0.0000	0.00	0.000	140.4950	140.4950
125	P125	6" Steel (ANSI) Sch. 40	6.065	0.046	10.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	140.4950	140.4950
126	P126	3" Steel (ANSI) Sch. 40	3.068	0.046	0.700	0.8100	0.0000	0.00	0.000	140.4950	25.0000
127	P127	3" Steel (ANSI) Sch. 40	3.068	0.046	0.600	0.0000	0.0000	0.00	0.000	25.0000	25.0000
128	P128	3" Steel (ANSI) Sch. 40	3.068	0.046	1.370	1.0600	0.0000	0.00	0.000	25.0000	25.0000
129	P129	3" Steel (ANSI) Sch. 40	3.068	0.046	2.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	25.0000	25.0000
130	P130	3" Steel (ANSI) Sch. 40	3.068	0.046	1.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	25.0000	25.0000
131	P131	2-1/2" Steel (ANSI) Sch. 40	2.469	0.046	3.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	25.0000	25.0000
132	P132	2-1/2" Steel (ANSI) Sch. 40	2.469	0.046	3.000	1.4400	0.0000	0.00	0.000	25.0000	25.0000
133	P133	2" Steel (ANSI) Sch. 40	2.067	0.046	3.000	1.5200	0.0000	0.00	0.000	25.0000	25.0000
134	P134	2" Steel (ANSI) Sch. 40	2.067	0.046	2.900	1.5200	0.0000	0.00	0.000	25.0000	25.0000

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter inch	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow US gpm	Velocity ft/sec	Entry Pressure psi.g	Exit Pressure psi.g
135	P135	1-1/2" Steel (ANSI) Sch. 40	1.610	0.046	2.700	1.1400	0.0000	0.00	0.000	25.0000	25.0000
136	P136	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.370	1.1500	0.0000	0.00	0.000	25.0000	25.0000
137	P137	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.700	3.7100	0.0000	0.00	0.000	25.0000	25.1419
138	P138	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	2.740	1.1500	0.0000	0.00	0.000	25.0000	25.0000
139	P139	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.700	3.7100	0.0000	0.00	0.000	25.0000	25.1419
140	P140	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.700	3.7100	0.0000	0.00	0.000	25.0000	25.1419
141	P141	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	2.740	1.1500	0.0000	0.00	0.000	25.0000	25.0000
142	P142	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.700	3.7100	0.0000	0.00	0.000	25.0000	25.1419
143	P143	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.370	1.1500	0.0000	0.00	0.000	25.0000	25.0000
144	P144	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	1.370	1.1500	0.0000	0.00	0.000	25.0000	25.0000
145	P145	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.700	3.7100	0.0000	0.00	0.000	25.0000	25.1419
146	P146	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.370	0.4600	0.0000	0.00	0.000	25.0000	25.0000
147	P147	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.700	3.7100	0.0000	0.00	0.000	25.0000	25.1419
148	P148	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.370	1.1500	0.0000	0.00	0.000	25.0000	25.0000
149	P149	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.700	3.7100	0.0000	0.00	0.000	25.0000	25.1419
150	P150	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.370	0.4600	0.0000	0.00	0.000	25.0000	25.0000
151	P151	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.700	3.7100	0.0000	0.00	0.000	25.0000	25.1419
152	P152	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.370	0.4600	0.0000	0.00	0.000	25.0000	25.0000
153	P153	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	2.740	1.1500	0.0000	0.00	0.000	25.0000	25.0000
154	P154	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.700	3.7100	0.0000	0.00	0.000	25.0000	25.1419
155	P155	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.700	3.7100	0.0000	0.00	0.000	25.0000	25.1419
156	P156	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.370	0.4200	0.0000	0.00	0.000	25.0000	25.0000

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter inch	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow US gpm	Velocity ft//sec	Entry Pressure psi.g	Exit Pressure psi.g
157	P157	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.700	3.7100	0.0000	0.00	0.000	25.0000	25.1419
158	P158	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	2.740	1.1500	0.0000	0.00	0.000	25.0000	25.0000
159	P159	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.700	3.7100	0.0000	0.00	0.000	25.0000	25.1419
160	P160	6" Steel (ANSI) Sch. 40	6.065	0.046	3.048	0.0000	0.0000	0.00	0.000	154.9838	133.6915
161	P161	6" Steel (ANSI) Sch. 40	6.065	0.046	3.048	0.0000	0.0000	0.00	0.000	143.8488	122.5565
163	P163	2-1/2" Steel (ANSI) Sch. 40	2.469	0.046	0.500	1.0800	0.0000	0.00	0.000	140.4950	140.4950
164	P164	2-1/2" Steel (ANSI) Sch. 40	2.469	0.046	1.450	0.0000	0.0000	0.00	0.000	140.4950	142.5533
165	P165	1-1/2" Steel (ANSI) Sch. 40	1.610	0.046	0.500	1.2600	0.0000	0.00	0.000	142.5533	142.5533
166	P166	2-1/2" Steel (ANSI) Sch. 40	2.469	0.046	0.500	0.0000	0.0000	0.00	0.000	142.5533	143.2630
167	P167	2-1/2" Steel (ANSI) Sch. 40	2.469	0.046	0.500	0.5400	0.0000	0.00	0.000	143.2630	143.2630
168	P168	6" Steel (ANSI) Sch. 40	6.065	0.046	0.600	0.4500	0.0000	0.00	0.000	144.0437	144.0437
169	P169	3" Steel (ANSI) Sch. 40	3.068	0.046	2.200	0.4500	0.0000	0.00	0.000	144.0437	140.4950
170	P170	2-1/2" Steel (ANSI) Sch. 40	2.469	0.046	0.500	0.0400	0.0000	0.00	0.000	140.4950	140.4950
171	P171	3" Steel (ANSI) Sch. 40	3.068	0.046	18.000	0.5300	0.0000	0.00	0.000	140.4950	140.4950

Node Data

Node Id	Node Type	Node	Elevation m	Liquid Level m	Surface Press. psi.g	Press. at Node psi.g	HGL at Node psi.g	Demand In US gpm	Demand Out US gpm	Total Flow In US gpm	Total Flow Out US gpm
1	Tank	N1	23.500	5.000	0.0000	7.0974	40.4555	N/A	N/A	0.00	1500.00
2	Join Point	N2	23.500	N/A	N/A	7.0500	40.4080	0.00	0.00	1500.00	1500.00
3	Join Point	N3	23.500	N/A	N/A	7.0263	40.3843	0.00	0.00	1500.00	1500.00
4	Join Point	N4	23.500	N/A	N/A	6.9788	40.3368	0.00	0.00	1500.00	1500.00
5	Join Point	N5	23.500	N/A	N/A	146.9456	180.3036	0.00	0.00	1500.00	1500.00
6	Join Point	N6	23.500	N/A	N/A	146.9124	180.2704	0.00	0.00	1500.00	1500.00
7	Join Point	N7	23.500	N/A	N/A	146.8791	180.2372	0.00	0.00	1500.00	1500.00
8	Join Point	N8	23.500	N/A	N/A	146.5846	179.9426	0.00	0.00	1500.00	1500.00
9	Join Point	N9	23.200	N/A	N/A	146.9630	179.8951	0.00	0.00	1500.00	1500.00
10	Join Point	N10	22.000	N/A	N/A	148.0062	179.2350	0.00	0.00	1500.00	1500.00
11	Join Point	N11	22.000	N/A	N/A	146.9474	178.1762	0.00	0.00	1500.00	1500.00
12	Join Point	N12	22.000	N/A	N/A	145.1527	176.3815	0.00	0.00	1500.00	1500.00
13	Join Point	N13	22.000	N/A	N/A	145.1527	176.3815	0.00	0.00	0.00	0.00
14	Join Point	N14	23.700	N/A	N/A	142.7396	176.3815	0.00	0.00	0.00	0.00
15	Join Point	N15	22.000	N/A	N/A	137.5652	168.7939	0.00	0.00	1500.00	1500.00
16	Join Point	N16	22.000	N/A	N/A	137.0783	168.3071	0.00	0.00	700.92	700.92
17	Join Point	N17	22.000	N/A	N/A	136.2525	167.4813	0.00	0.00	700.92	700.92
18	Join Point	N18	22.000	N/A	N/A	135.7647	166.9935	0.00	0.00	700.92	700.92
19	Join Point	N19	22.000	N/A	N/A	134.9727	166.2014	0.00	0.00	700.92	700.92
20	Join Point	N20	22.000	N/A	N/A	133.4740	164.7027	0.00	0.00	700.92	700.92
21	Join Point	N21	22.000	N/A	N/A	133.4740	164.7027	0.00	0.00	0.00	0.00
22	Join Point	N22	23.700	N/A	N/A	131.0608	164.7027	0.00	0.00	0.00	0.00
23	Join Point	N23	22.000	N/A	N/A	131.7630	162.9918	0.00	0.00	700.92	700.92
24	Join Point	N24	22.000	N/A	N/A	131.7630	162.9918	0.00	0.00	0.00	0.00
25	Join Point	N25	23.700	N/A	N/A	129.3499	162.9918	0.00	0.00	0.00	0.00
26	Join Point	N26	22.000	N/A	N/A	131.0335	162.2622	0.00	0.00	700.92	700.92
27	Join Point	N27	22.000	N/A	N/A	129.0996	160.3283	0.00	0.00	700.92	700.92
28	Join Point	N28	22.000	N/A	N/A	129.0996	160.3283	0.00	0.00	0.00	0.00
29	Join Point	N29	22.000	N/A	N/A	129.0996	160.3283	0.00	0.00	0.00	0.00
30	Join Point	N30	23.700	N/A	N/A	126.6864	160.3283	0.00	0.00	0.00	0.00
31	Join Point	N31	0.000	N/A	N/A	159.4478	159.4478	0.00	0.00	700.92	700.92
32	Join Point	N32	3.000	N/A	N/A	154.5907	158.8492	0.00	0.00	700.92	700.92
33	Join Point	N33	3.000	N/A	N/A	154.5907	158.8492	0.00	0.00	0.00	0.00

Node Id	Node Type	Node	Elevation m	Liquid Level m	Surface Press. psi.g	Press. at Node psi.g	HGL at Node psi.g	Demand In US gpm	Demand Out US gpm	Total Flow In US gpm	Total Flow Out US gpm
34	Join Point	N34	4.700	N/A	N/A	152.1776	158.8492	0.00	0.00	0.00	0.00
35	Join Point	N35	3.000	N/A	N/A	153.2645	157.5229	0.00	0.00	700.92	700.92
36	Join Point	N36	3.000	N/A	N/A	153.2645	157.5229	0.00	0.00	0.00	0.00
37	Join Point	N37	4.700	N/A	N/A	150.8513	157.5229	0.00	0.00	0.00	0.00
38	Join Point	N38	3.000	N/A	N/A	148.2322	152.4907	0.00	0.00	700.92	700.92
39	Join Point	N39	3.000	N/A	N/A	148.2322	152.4907	0.00	0.00	0.00	0.00
40	Join Point	N40	3.000	N/A	N/A	148.2322	152.4907	0.00	0.00	0.00	0.00
41	Join Point	N41	3.000	N/A	N/A	148.2322	152.4907	0.00	0.00	0.00	0.00
42	Join Point	N42	3.000	N/A	N/A	148.2322	152.4907	0.00	0.00	0.00	0.00
43	Join Point	N43	5.200	N/A	N/A	145.1094	152.4907	0.00	0.00	0.00	0.00
44	Join Point	N44	3.000	N/A	N/A	148.2322	152.4907	0.00	0.00	0.00	0.00
45	Join Point	N45	3.000	N/A	N/A	148.2322	152.4907	0.00	0.00	0.00	0.00
46	Join Point	N46	5.200	N/A	N/A	145.1094	152.4907	0.00	0.00	0.00	0.00
47	Join Point	N47	3.000	N/A	N/A	146.4569	150.7153	0.00	0.00	700.92	700.92
48	Join Point	N48	3.000	N/A	N/A	146.4569	150.7153	0.00	0.00	0.00	0.00
49	Join Point	N49	4.200	N/A	N/A	144.7535	150.7153	0.00	0.00	0.00	0.00
50	Join Point	N50	3.000	N/A	N/A	145.5522	149.8107	0.00	0.00	700.92	700.92
51	Join Point	N51	3.000	N/A	N/A	145.5522	149.8107	0.00	0.00	0.00	0.00
52	Join Point	N52	4.200	N/A	N/A	143.8488	149.8107	0.00	0.00	0.00	0.00
53	Join Point	N53	3.000	N/A	N/A	145.2519	149.5104	0.00	0.00	700.92	700.92
54	Join Point	N54	3.000	N/A	N/A	144.3115	148.5700	0.00	0.00	700.92	700.92
55	Join Point	N55	3.000	N/A	N/A	143.7072	147.9656	0.00	0.00	700.92	700.92
56	Join Point	N56	3.000	N/A	N/A	143.7072	147.9656	0.00	0.00	0.00	0.00
57	Join Point	N57	3.000	N/A	N/A	143.7072	147.9656	0.00	0.00	0.00	0.00
58	Join Point	N58	4.200	N/A	N/A	142.0038	147.9656	0.00	0.00	0.00	0.00
59	Join Point	N59	19.200	N/A	N/A	120.7114	147.9656	0.00	0.00	0.00	0.00
60	Join Point	N60	3.000	N/A	N/A	141.7911	146.0496	0.00	0.00	700.92	700.92
61	Join Point	N61	3.000	N/A	N/A	141.7911	146.0496	0.00	0.00	0.00	0.00
62	Join Point	N62	5.200	N/A	N/A	138.6683	146.0496	0.00	0.00	0.00	0.00
63	Join Point	N63	19.200	N/A	N/A	118.7954	146.0496	0.00	0.00	0.00	0.00
64	Join Point	N64	3.000	N/A	N/A	140.9724	145.2309	0.00	0.00	700.92	700.92
65	Join Point	N65	3.000	N/A	N/A	140.9724	145.2309	0.00	0.00	0.00	0.00
66	Join Point	N66	4.700	N/A	N/A	138.5593	145.2309	0.00	0.00	0.00	0.00
67	Join Point	N67	3.000	N/A	N/A	139.1561	143.4145	0.00	0.00	700.92	700.92
68	Join Point	N68	3.000	N/A	N/A	139.1561	143.4145	0.00	0.00	0.00	0.00
69	Join Point	N69	4.700	N/A	N/A	136.7429	143.4145	0.00	0.00	0.00	0.00
70	Join Point	N70	3.000	N/A	N/A	137.8281	142.0865	0.00	0.00	1500.00	1500.00
71	Join Point	N71	3.000	N/A	N/A	140.8852	145.1437	0.00	0.00	799.08	799.08

Node Id	Node Type	Node	Elevation m	Liquid Level m	Surface Press. psi.g	Press. at Node psi.g	HGL at Node psi.g	Demand In US gpm	Demand Out US gpm	Total Flow In US gpm	Total Flow Out US gpm
72	Join Point	N72	3.000	N/A	N/A	140.8852	145.1437	0.00	0.00	0.00	0.00
73	Join Point	N73	5.200	N/A	N/A	137.7623	145.1437	0.00	0.00	0.00	0.00
74	Join Point	N74	3.000	N/A	N/A	142.2579	146.5164	0.00	0.00	799.08	799.08
75	Join Point	N75	3.000	N/A	N/A	143.3482	147.6067	0.00	0.00	799.08	799.08
76	Join Point	N76	3.000	N/A	N/A	145.2498	149.5082	0.00	0.00	799.08	799.08
77	Join Point	N77	3.000	N/A	N/A	145.2498	149.5082	0.00	0.00	0.00	0.00
78	Join Point	N78	4.700	N/A	N/A	142.8366	149.5082	0.00	0.00	0.00	0.00
79	Join Point	N79	3.000	N/A	N/A	146.8431	151.1016	0.00	0.00	799.08	799.08
80	Join Point	N80	3.000	N/A	N/A	149.4687	153.7272	0.00	0.00	799.08	799.08
81	Join Point	N81	3.000	N/A	N/A	149.4687	153.7272	0.00	0.00	0.00	0.00
82	Join Point	N82	4.700	N/A	N/A	147.0556	153.7272	0.00	0.00	0.00	0.00
83	Join Point	N83	3.000	N/A	N/A	150.3515	154.6100	0.00	0.00	799.08	799.08
84	Join Point	N84	3.000	N/A	N/A	162.4301	166.6886	0.00	0.00	799.08	799.08
85	Join Point	N85	3.000	N/A	N/A	161.4763	165.7348	0.00	0.00	799.08	799.08
86	Join Point	N86	3.000	N/A	N/A	160.0746	164.3331	0.00	0.00	799.08	799.08
87	Join Point	N87	3.000	N/A	N/A	160.0746	164.3331	0.00	0.00	0.00	0.00
88	Join Point	N88	5.200	N/A	N/A	156.9518	164.3331	0.00	0.00	0.00	0.00
89	Join Point	N89	3.000	N/A	N/A	156.6872	160.9457	0.00	0.00	799.08	799.08
90	Join Point	N90	3.000	N/A	N/A	156.6872	160.9457	0.00	0.00	0.00	0.00
91	Join Point	N91	4.200	N/A	N/A	154.9838	160.9457	0.00	0.00	0.00	0.00
92	Join Point	N92	3.000	N/A	N/A	153.3544	157.6129	0.00	0.00	799.08	799.08
93	Join Point	N93	3.000	N/A	N/A	153.3544	157.6129	0.00	0.00	0.00	0.00
94	Join Point	N94	4.700	N/A	N/A	150.9413	157.6129	0.00	0.00	0.00	0.00
95	Join Point	N95	3.000	N/A	N/A	151.9108	156.1693	0.00	0.00	799.08	799.08
96	Join Point	N96	0.000	N/A	N/A	141.3267	141.3267	0.00	0.00	1500.00	1500.00
97	Join Point	N97	0.000	N/A	N/A	140.6666	140.6666	0.00	0.00	1500.00	1500.00
98	Join Point	N98	0.000	N/A	N/A	134.5318	134.5318	0.00	0.00	1500.00	1500.00
99	Join Point	N99	0.000	N/A	N/A	128.5525	128.5525	0.00	0.00	1500.00	1500.00
100	Join Point	N100	0.000	N/A	N/A	122.5732	122.5732	0.00	0.00	1500.00	1500.00
101	Join Point	N101	0.000	N/A	N/A	119.7737	119.7737	0.00	0.00	1000.00	1000.00
102	Join Point	N102	0.000	N/A	N/A	119.0853	119.0853	0.00	0.00	500.00	500.00
103	Join Point	N103	3.000	N/A	N/A	114.5630	118.8215	0.00	0.00	500.00	500.00
104	Join Point	N104	4.000	N/A	N/A	113.0955	118.7734	0.00	0.00	500.00	500.00
105	Join Point	N105	9.200	N/A	N/A	105.5389	118.5983	0.00	500.00	500.00	500.00
106	Join Point	N106	3.000	N/A	N/A	114.8934	119.1519	0.00	0.00	500.00	500.00
107	Join Point	N107	4.000	N/A	N/A	113.4259	119.1038	0.00	0.00	500.00	500.00
108	Join Point	N108	9.200	N/A	N/A	105.8693	118.9286	0.00	500.00	500.00	500.00
109	Join Point	N109	3.000	N/A	N/A	117.6929	121.9514	0.00	0.00	500.00	500.00

Node Id	Node Type	Node	Elevation m	Liquid Level m	Surface Press. psi.g	Press. at Node psi.g	HGL at Node psi.g	Demand In US gpm	Demand Out US gpm	Total Flow In US gpm	Total Flow Out US gpm
110	Join Point	N110	4.000	N/A	N/A	116.2254	121.9033	0.00	0.00	500.00	500.00
111	Join Point	N111	9.200	N/A	N/A	108.6689	121.7282	0.00	500.00	500.00	500.00
112	Join Point	N112	3.000	N/A	N/A	124.2940	128.5525	0.00	0.00	0.00	0.00
113	Join Point	N113	4.000	N/A	N/A	122.8745	128.5525	0.00	0.00	0.00	0.00
114	Join Point	N114	9.200	N/A	N/A	115.4932	128.5525	0.00	0.00	0.00	0.00
115	Join Point	N115	3.000	N/A	N/A	130.2733	134.5318	0.00	0.00	0.00	0.00
116	Join Point	N116	4.000	N/A	N/A	128.8538	134.5318	0.00	0.00	0.00	0.00
117	Join Point	N117	9.200	N/A	N/A	121.4724	134.5318	0.00	0.00	0.00	0.00
118	Join Point	N118	4.700	N/A	N/A	144.0437	150.7153	0.00	0.00	0.00	0.00
119	Join Point	N119	4.700	N/A	N/A	144.0437	150.7153	0.00	0.00	0.00	0.00
120	Join Point	N120	7.200	N/A	N/A	140.4950	150.7153	0.00	0.00	0.00	0.00
121	Join Point	N121	7.200	N/A	N/A	140.4950	150.7153	0.00	0.00	0.00	0.00
122	Join Point	N122	7.200	N/A	N/A	140.4950	150.7153	0.00	0.00	0.00	0.00
123	Join Point	N123	7.200	N/A	N/A	140.4950	150.7153	0.00	0.00	0.00	0.00
124	Join Point	N124	7.200	N/A	N/A	140.4950	150.7153	0.00	0.00	0.00	0.00
125	Join Point	N125	7.200	N/A	N/A	140.4950	150.7153	0.00	0.00	0.00	0.00
126	Join Point	N126	7.200	N/A	N/A	25.0000	35.2203	0.00	0.00	0.00	0.00
127	Join Point	N127	7.200	N/A	N/A	25.0000	35.2203	0.00	0.00	0.00	0.00
128	Join Point	N128	7.200	N/A	N/A	25.0000	35.2203	0.00	0.00	0.00	0.00
129	Join Point	N129	7.200	N/A	N/A	25.0000	35.2203	0.00	0.00	0.00	0.00
130	Join Point	N130	7.200	N/A	N/A	25.0000	35.2203	0.00	0.00	0.00	0.00
131	Join Point	N131	7.200	N/A	N/A	25.0000	35.2203	0.00	0.00	0.00	0.00
132	Join Point	N132	7.200	N/A	N/A	25.0000	35.2203	0.00	0.00	0.00	0.00
133	Join Point	N133	7.200	N/A	N/A	25.0000	35.2203	0.00	0.00	0.00	0.00
134	Join Point	N134	7.200	N/A	N/A	25.0000	35.2203	0.00	0.00	0.00	0.00
135	Join Point	N135	7.200	N/A	N/A	25.0000	35.2203	0.00	0.00	0.00	0.00
136	Join Point	N136	7.200	N/A	N/A	25.0000	35.2203	0.00	0.00	0.00	0.00
137	Join Point	N137	7.100	N/A	N/A	25.1419	35.2203	0.00	0.00	0.00	0.00
138	Join Point	N138	7.100	N/A	N/A	25.1419	35.2203	0.00	0.00	0.00	0.00
139	Join Point	N139	7.200	N/A	N/A	25.0000	35.2203	0.00	0.00	0.00	0.00
140	Join Point	N140	7.100	N/A	N/A	25.1419	35.2203	0.00	0.00	0.00	0.00
141	Join Point	N141	7.200	N/A	N/A	25.0000	35.2203	0.00	0.00	0.00	0.00
142	Join Point	N142	7.100	N/A	N/A	25.1419	35.2203	0.00	0.00	0.00	0.00
143	Join Point	N143	7.200	N/A	N/A	25.0000	35.2203	0.00	0.00	0.00	0.00
144	Join Point	N144	7.200	N/A	N/A	25.0000	35.2203	0.00	0.00	0.00	0.00
145	Join Point	N145	7.100	N/A	N/A	25.1419	35.2203	0.00	0.00	0.00	0.00
146	Join Point	N146	7.200	N/A	N/A	25.0000	35.2203	0.00	0.00	0.00	0.00
147	Join Point	N147	7.100	N/A	N/A	25.1419	35.2203	0.00	0.00	0.00	0.00



Node Id	Node Type	Node	Elevation m	Liquid Level m	Surface Press. psi.g	Press. at Node psi.g	HGL at Node psi.g	Demand In US gpm	Demand Out US gpm	Total Flow In US gpm	Total Flow Out US gpm
148	Join Point	N148	7.200	N/A	N/A	25.0000	35.2203	0.00	0.00	0.00	0.00
149	Join Point	N149	7.100	N/A	N/A	25.1419	35.2203	0.00	0.00	0.00	0.00
150	Join Point	N150	7.200	N/A	N/A	25.0000	35.2203	0.00	0.00	0.00	0.00
151	Join Point	N151	7.100	N/A	N/A	25.1419	35.2203	0.00	0.00	0.00	0.00
152	Join Point	N152	7.200	N/A	N/A	25.0000	35.2203	0.00	0.00	0.00	0.00
153	Join Point	N153	7.200	N/A	N/A	25.0000	35.2203	0.00	0.00	0.00	0.00
154	Join Point	N154	7.100	N/A	N/A	25.1419	35.2203	0.00	0.00	0.00	0.00
155	Join Point	N155	7.100	N/A	N/A	25.1419	35.2203	0.00	0.00	0.00	0.00
156	Join Point	N156	7.200	N/A	N/A	25.0000	35.2203	0.00	0.00	0.00	0.00
157	Join Point	N157	7.100	N/A	N/A	25.1419	35.2203	0.00	0.00	0.00	0.00
158	Join Point	N158	7.200	N/A	N/A	25.0000	35.2203	0.00	0.00	0.00	0.00
159	Join Point	N159	7.100	N/A	N/A	25.1419	35.2203	0.00	0.00	0.00	0.00
160	Join Point	N160	19.200	N/A	N/A	133.6915	160.9457	0.00	0.00	0.00	0.00
161	Join Point	N161	19.200	N/A	N/A	122.5565	149.8107	0.00	0.00	0.00	0.00
162	Join Point	N162	7.200	N/A	N/A	140.4950	150.7153	0.00	0.00	0.00	0.00
163	Join Point	N163	7.200	N/A	N/A	140.4950	150.7153	0.00	0.00	0.00	0.00
164	Join Point	N164	5.750	N/A	N/A	142.5533	150.7153	0.00	0.00	0.00	0.00
165	Join Point	N165	5.750	N/A	N/A	142.5533	150.7153	0.00	0.00	0.00	0.00
166	Join Point	N166	5.250	N/A	N/A	143.2630	150.7153	0.00	0.00	0.00	0.00
167	Join Point	N167	5.250	N/A	N/A	143.2630	150.7153	0.00	0.00	0.00	0.00
168	Join Point	N168	4.700	N/A	N/A	144.0437	150.7153	0.00	0.00	0.00	0.00
169	Join Point	N169	7.200	N/A	N/A	140.4950	150.7153	0.00	0.00	0.00	0.00
170	Join Point	N170	7.200	N/A	N/A	140.4950	150.7153	0.00	0.00	0.00	0.00

### 3.3.1.1.3.4.2 Condición de mínima demanda.

Según la tabla del ítem 3.1.3.7 la condición de mínima demanda esperada es en el edificio de operaciones (Habitación, Comedor, cocina y Vestidores), cuyo caudal mínimo es 250 gpm (946 lpm). Este caudal, será variable pues se tiene involucrados rociadores cuya demanda de agua es variable según la presión en cada nodo donde se ubican los rociadores. Pues el caudal de un rociador se calcula por la fórmula  $Q = K\sqrt{P}$ , donde k es el coeficiente de descarga del rociador que para este caso es 5.6 (valor adimensional) y P es la presión en psi cuyo valor es variable según la posición del rociador.

Al hacer correr el software podremos obtener los resultados. Aquí tenemos que verificar que se cumplan las siguientes condiciones:

- ✓ La presión mínima en el nodo N105 que es el hidráulicamente mas lejano debe ser de 7 PSI (0.48 bar)
- ✓ El caudal de rociadores debe ser como mínimo 150 gpm (567.8 lpm), pudiendo ser mayor.
- ✓ El caudal de manguera debe ser 100 gpm (378.5 lpm)

Si una de las condiciones indicadas no se cumple, se deben hacer las correcciones necesarias (cambios de diámetros, aumento o disminución de presión al ingreso del sistema de rociadores, etc) hasta verificar que se cumplan las tres condiciones.

La finalidad de realizar este cálculo de mínima demanda, es para obtener los siguientes resultados :

1. Determinar las presiones máximas porque de acuerdo a la curva de la bomba contra incendios, para caudales bajos se dan las presiones máximas en toda la red de tuberías.

Las presiones obtenidas son :

- ✓ La presión en el nodo N5 a la salida de la bomba es 156.07 PSI (10.76 bar). Tener en cuenta que la bomba contra incendios se ubica en la cota 23.50 m entre los nodos N4 y N5
- ✓ La presión en el nodo N84 (donde la cota es 3.0 m) es 184.48 PSI (12.72 bar)
- ✓ La presión en el nodo N31 (donde la cota es 3.0 m) a la salida de la bomba es 183.81 PSI (12.67 bar)
- ✓ La presión en el nodo N105 (donde la cota es 3.0 m) y es el nodo hidráulicamente mas lejano la presión registrada es 174.7 PSI (12.05 bar)

Con las presiones obtenidas concluimos que toda la tubería enterrada de HDPE debe ser de clase 200, es decir que soporte hasta 200 PSI (13.79 bar) de presión de trabajo.

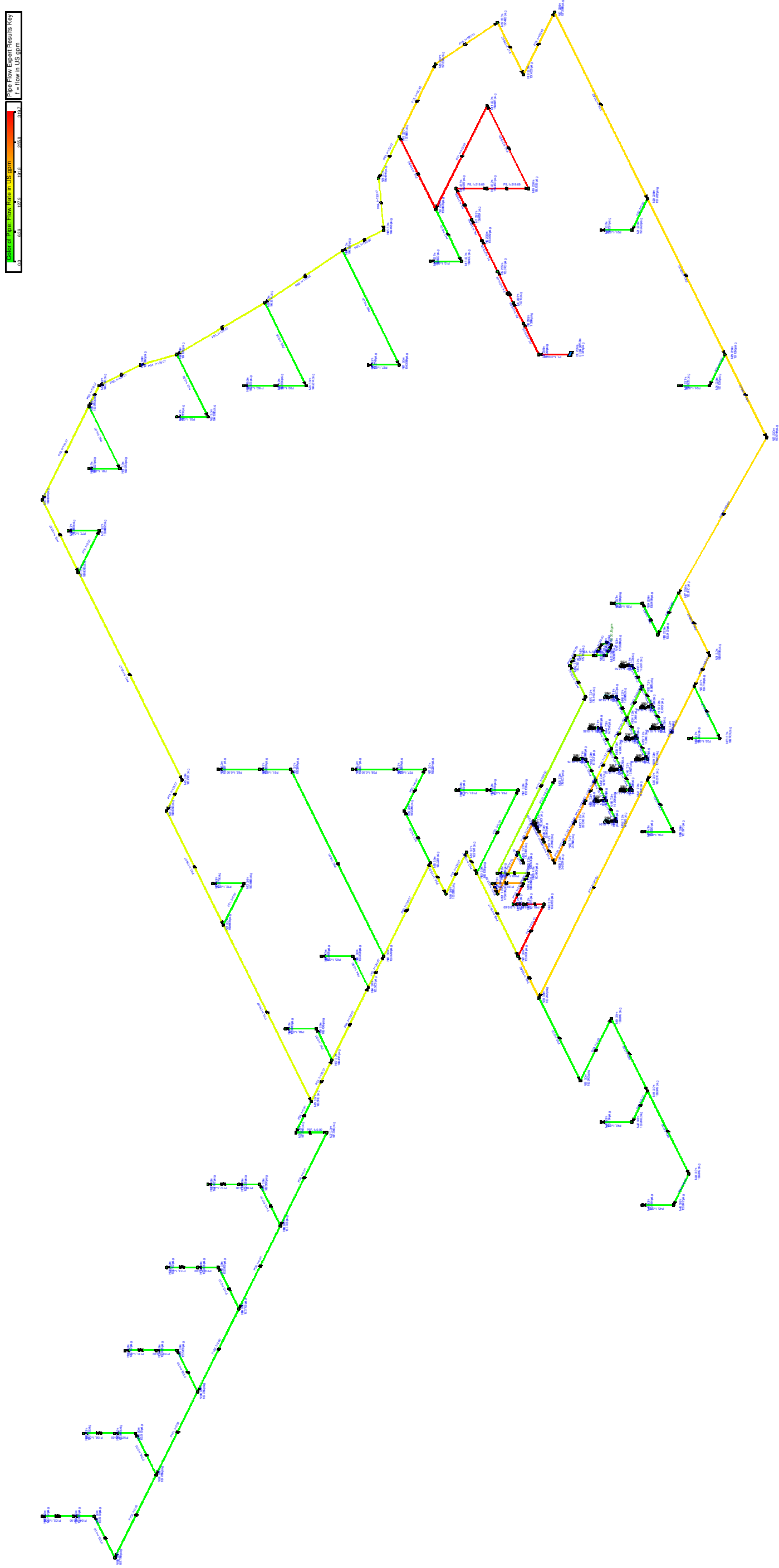
2. Verificar que la presión en la tubería que ingresa al sistema de rociadores en el nodo N119 es 180.49 PSI (12.44 bar). Lo cual indica que los accesorios roscados deben ser de hierro maleable clase 150 o de hierro fundido clase 125, es decir que soporten presiones de hasta de 300 PSI a 65°C W.O.G o superior.

A continuación mostramos los resultados del cálculo hidráulico para la condición de máxima demanda usando el software Pipe Flow Expert V5.12 donde se puede corroborar todos los datos que ya hemos indicado en este ítem.



## Cálculos Hidráulicos

Rociadores Comedor - Mínima Demanda



# Fluid Data

Zone	Fluid Name	Chemical Formula	Temperature °C	Pressure psi.g	Density kg/m³	Centistokes	Centipoise	Vapour Pressure psi.a	State
1	Water	H2O	20.000	0.0000	998.000	1.000	1.002	0.348091	Liquid

Pump Data

Pipe Id	Pipe Name	Pump Name	Speed rpm	Pref. Op From US gpm	Pref. Op To US gpm	Flow In/Out US gpm	Velocity m/sec	Suction Pressure psi.g	Discharge Pressure psi.g	Pump Head (+) psi.g	Pump NPSHr ft.hd (absolute)	Pump NPSHa ft.hd (absolute)	Pump Efficiency Per centage	Pump Power Horsepower
4	P4	Pump	3500	0.00	0.00	319.69	0.625	7.0905	156.0773	148.987	0.000	49.55	Not known	Not Known

Pipe Data

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter inch	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow US gpm	Velocity m/sec	Entry Pressure psi.g	Exit Pressure psi.g
1	P1	8" Steel (ANSI) Sch. 40	7.981	0.046	1.000	0.0000	20.1291	319.69	0.625	7.0974	7.0949
2	P2	8" Steel (ANSI) Sch. 40	7.981	0.046	0.500	0.0000	20.1291	319.69	0.625	7.0949	7.0936
3	P3	8" Steel (ANSI) Sch. 40	7.981	0.046	1.000	0.0000	20.1291	319.69	0.625	7.0936	7.0910
4	P4	8" Steel (ANSI) Sch. 40	7.981	0.046	0.700	0.0000	20.1291	319.69	0.625	7.0910	156.0760
5	P5	8" Steel (ANSI) Sch. 40	7.981	0.046	0.700	0.0000	20.1291	319.69	0.625	156.0760	156.0742
6	P6	8" Steel (ANSI) Sch. 40	7.981	0.046	0.700	0.0000	20.1291	319.69	0.625	156.0742	156.0724
7	P7	8" Steel (ANSI) Sch. 40	7.981	0.046	0.700	0.4200	20.1291	319.69	0.625	156.0724	156.0587
8	P8	8" Steel (ANSI) Sch. 40	7.981	0.046	1.000	0.0000	20.1291	319.69	0.625	156.0587	156.4820
9	P9	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	1.000	0.4200	20.1291	319.69	0.915	156.4820	158.1539
10	P10	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	5.000	0.4200	20.1291	319.69	0.915	158.1539	158.0985
11	P11	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	6.761	0.8400	20.1291	319.69	0.915	158.0985	158.0070
12	P12	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	3.517	0.4200	0.0000	0.00	0.000	158.0070	158.0070
13	P13	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.700	0.0000	0.0000	0.00	0.000	158.0070	155.5939
14	P14	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	42.391	2.5200	20.1291	319.69	0.915	158.0070	157.6001
15	P15	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	9.749	0.8400	11.3728	180.62	0.517	157.6001	157.5629
16	P16	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	23.397	0.8400	11.3728	180.62	0.517	157.5629	157.4963

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter inch	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow US gpm	Velocity m/sec	Entry Pressure psi.g	Exit Pressure psi.g
17	P17	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	14.714	0.4200	11.3728	180.62	0.517	157.4963	157.4566
18	P18	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	26.967	0.4200	11.3728	180.62	0.517	157.4566	157.3905
19	P19	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	37.352	1.9600	11.3728	180.62	0.517	157.3905	157.2722
20	P20	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	157.2722	157.2722
21	P21	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.700	0.0000	0.0000	0.00	0.000	157.2722	154.8591
22	P22	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	45.900	1.9600	11.3728	180.62	0.517	157.2722	157.1356
23	P23	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	157.1356	157.1356
24	P24	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.700	0.0000	0.0000	0.00	0.000	157.1356	154.7225
25	P25	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	24.449	0.4200	11.3728	180.62	0.517	157.1356	157.0749
26	P26	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	54.878	1.9600	11.3728	180.62	0.517	157.0749	156.9190
27	P27	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	19.791	0.4200	0.0000	0.00	0.000	156.9190	156.9190
28	P28	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	4.000	0.4200	0.0000	0.00	0.000	156.9190	156.9190
29	P29	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.700	0.0000	0.0000	0.00	0.000	156.9190	154.5059
30	P30	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	30.530	0.4200	11.3728	180.62	0.517	156.9190	183.8156
31	P31	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	10.964	1.1200	11.3728	180.62	0.517	183.8156	183.7703
32	P32	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.000	0.4200	0.0000	0.00	0.000	183.7703	183.7703



Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter inch	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow US gpm	Velocity m/sec	Entry Pressure psi.g	Exit Pressure psi.g
33	P33	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.700	0.0000	0.0000	0.00	0.000	183.7703	181.3572
34	P34	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	30.407	1.9600	11.3728	180.62	0.517	183.7703	183.6670
35	P35	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.000	0.4200	0.0000	0.00	0.000	183.6670	183.6670
36	P36	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.700	0.0000	0.0000	0.00	0.000	183.6670	181.2539
37	P37	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	182.928	1.6800	11.3728	180.62	0.517	183.6670	183.2412
38	P38	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	43.500	0.4200	0.0000	0.00	0.000	183.2412	183.2412
39	P39	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	38.624	0.4200	0.0000	0.00	0.000	183.2412	183.2412
40	P40	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	34.234	1.5400	0.0000	0.00	0.000	183.2412	183.2412
41	P41	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.000	0.4200	0.0000	0.00	0.000	183.2412	183.2412
42	P42	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	3.048	0.0000	0.0000	0.00	0.000	183.2412	180.1184
43	P43	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	40.421	0.4200	0.0000	0.00	0.000	183.2412	183.2412
44	P44	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	183.2412	183.2412
45	P45	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	2.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	183.2412	180.1184
46	P46	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	48.493	1.9600	11.3728	180.62	0.517	183.2412	183.0991
47	P47	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	3.000	0.4200	20.1291	319.69	0.915	183.0991	183.0556
48	P48	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	1.200	0.1400	20.1291	319.69	0.915	183.0556	181.3365

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter inch	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow US gpm	Velocity m/sec	Entry Pressure psi.g	Exit Pressure psi.g
49	P49	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	13.432	1.9600	8.7563	139.07	0.398	183.1396	183.0991
50	P50	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	64.000	1.3500	0.0000	0.00	0.000	183.1396	183.1396
51	P51	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	2.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	183.1396	181.4363
52	P52	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	7.165	0.4200	8.7563	139.07	0.398	183.1541	183.1396
53	P53	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	32.938	0.4200	8.7563	139.07	0.398	183.2033	183.1541
54	P54	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	6.268	1.5400	8.7563	139.07	0.398	183.2294	183.2033
55	P55	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	30.033	1.3500	0.0000	0.00	0.000	183.2294	183.2294
56	P56	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	9.000	0.4500	0.0000	0.00	0.000	183.2294	183.2294
57	P57	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	183.2294	181.5260
58	P58	6" Steel (ANSI) Sch. 40	6.065	0.046	14.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	181.5260	160.2337
59	P59	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	54.157	1.9600	8.7563	139.07	0.398	183.3249	183.2294
60	P60	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	76.719	1.6800	0.0000	0.00	0.000	183.3249	183.3249
61	P61	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	183.3249	180.2020
62	P62	6" Steel (ANSI) Sch. 40	6.065	0.046	14.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	180.2020	160.3291
63	P63	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	9.971	1.9600	8.7563	139.07	0.398	183.3608	183.3249
64	P64	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	2.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	183.3608	183.3608

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter inch	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow US gpm	Velocity m/sec	Entry Pressure psi.g	Exit Pressure psi.g
65	P65	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.700	0.0000	0.0000	0.00	0.000	183.3608	180.9476
66	P66	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	60.000	1.1200	8.7563	139.07	0.398	183.4545	183.3608
67	P67	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	2.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	183.4545	183.4545
68	P68	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.700	0.0000	0.0000	0.00	0.000	183.4545	181.0413
69	P69	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	30.479	1.9600	8.7563	139.07	0.398	183.5180	183.4545
70	P70	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	76.800	1.6800	8.7563	139.07	0.398	183.6408	183.5180
71	P71	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	183.6408	183.6408
72	P72	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	2.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	183.6408	180.5179
73	P73	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	20.000	1.9600	8.7563	139.07	0.398	183.6902	183.6408
74	P74	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	19.450	1.2600	8.7563	139.07	0.398	183.7308	183.6902
75	P75	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	50.231	0.8400	8.7563	139.07	0.398	183.8082	183.7308
76	P76	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	183.8082	183.8082
77	P77	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.700	0.0000	0.0000	0.00	0.000	183.8082	181.3950
78	P78	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	27.000	1.9600	8.7563	139.07	0.398	183.8670	183.8082
79	P79	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	73.200	0.8400	8.7563	139.07	0.398	183.9753	183.8670
80	P80	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	23.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	183.9753	183.9753

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter inch	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow US gpm	Velocity m/sec	Entry Pressure psi.g	Exit Pressure psi.g
81	P81	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.700	0.0000	0.0000	0.00	0.000	183.9753	181.5621
82	P82	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	4.459	1.9600	8.7563	139.07	0.398	184.0038	183.9753
83	P83	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	56.698	0.8400	8.7563	139.07	0.398	157.6001	184.4844
84	P84	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	20.164	0.8400	8.7563	139.07	0.398	184.4844	184.4476
85	P85	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	20.919	1.9600	8.7563	139.07	0.398	184.4476	184.3969
86	P86	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	31.485	0.0000	0.0000	0.00	0.000	184.3969	184.3969
87	P87	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	2.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	184.3969	181.2740
88	P88	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	83.914	1.9600	8.7563	139.07	0.398	184.3969	184.2614
89	P89	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	2.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	184.2614	184.2614
90	P90	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	2.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	184.2614	182.5580
91	P91	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	82.180	1.9600	8.7563	139.07	0.398	184.2614	184.1282
92	P92	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	15.582	0.0000	0.0000	0.00	0.000	184.1282	184.1282
93	P93	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.700	0.0000	0.0000	0.00	0.000	184.1282	181.7150
94	P94	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	45.795	0.0000	8.7563	139.07	0.398	184.1282	184.0665
95	P95	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	39.373	0.8400	8.7563	139.07	0.398	184.0665	184.0038
96	P96	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	2.000	0.4200	0.0000	0.00	0.000	183.5180	187.7765

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter inch	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow US gpm	Velocity m/sec	Entry Pressure psi.g	Exit Pressure psi.g
97		8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	1.000	0.4200	0.0000	0.00	0.000	187.7765	187.7765
98		8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	46.561	1.1200	0.0000	0.00	0.000	187.7765	187.7765
99		8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	45.000	1.1200	0.0000	0.00	0.000	187.7765	187.7765
100		8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	45.000	1.1200	0.0000	0.00	0.000	187.7765	187.7765
101		8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	45.000	1.1200	0.0000	0.00	0.000	187.7765	187.7765
102		8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	45.000	0.5600	0.0000	0.00	0.000	187.7765	187.7765
103		6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.500	0.4500	0.0000	0.00	0.000	187.7765	183.5180
104		6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	183.5180	182.0985
105		6" Steel (ANSI) Sch. 40	6.065	0.046	3.000	0.5100	0.0000	0.00	0.000	182.0985	174.7172
106		6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.500	1.2900	0.0000	0.00	0.000	187.7765	183.5180
107		6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	183.5180	182.0985
108		6" Steel (ANSI) Sch. 40	6.065	0.046	3.000	0.5100	0.0000	0.00	0.000	182.0985	174.7172
109		6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.500	1.2900	0.0000	0.00	0.000	187.7765	183.5180
110		6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	183.5180	182.0985
111		6" Steel (ANSI) Sch. 40	6.065	0.046	3.000	0.5100	0.0000	0.00	0.000	182.0985	174.7172
112		6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.500	1.2900	0.0000	0.00	0.000	187.7765	183.5180
113		6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	183.5180	182.0985

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter inch	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow US gpm	Velocity m/sec	Entry Pressure psi.g	Exit Pressure psi.g
114	P114	6" Steel (ANSI) Sch. 40	6.065	0.046	3.000	0.5100	0.0000	0.00	0.000	182.0985	174.7172
115	P115	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.500	1.2900	0.0000	0.00	0.000	187.7765	183.5180
116	P116	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	183.5180	182.0985
117	P117	6" Steel (ANSI) Sch. 40	6.065	0.046	3.000	0.5100	0.0000	0.00	0.000	182.0985	174.7172
118	P118	6" Steel (ANSI) Sch. 40	6.065	0.046	0.800	0.1400	20.1291	319.69	1.082	181.3365	180.6070
119	P119	6" Steel (ANSI) Sch. 40	6.065	0.046	1.000	1.2000	20.1291	319.69	1.082	180.6070	180.4953
120	P120	6" Steel (ANSI) Sch. 40	6.065	0.046	2.200	2.5300	13.8327	219.69	0.744	180.4953	176.8344
121	P121	6" Steel (ANSI) Sch. 40	6.065	0.046	0.500	0.4500	13.8327	219.69	0.744	176.8344	176.8139
122	P122	6" Steel (ANSI) Sch. 40	6.065	0.046	1.500	1.6500	13.8327	219.69	0.744	176.8139	176.7404
123	P123	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	3.048	0.0000	0.0000	0.00	0.000	176.7404	176.7404
124	P124	6" Steel (ANSI) Sch. 40	6.065	0.046	6.400	1.2000	13.8327	219.69	0.744	176.7404	176.6607
125	P125	6" Steel (ANSI) Sch. 40	6.065	0.046	10.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	176.6607	176.6607
126	P126	3" Steel (ANSI) Sch. 40	3.068	0.046	0.700	0.8100	13.8327	219.69	2.906	176.6607	25.0000
127	P127	3" Steel (ANSI) Sch. 40	3.068	0.046	0.600	0.0000	13.8327	219.69	2.906	25.0000	24.9102
128	P128	3" Steel (ANSI) Sch. 40	3.068	0.046	1.370	1.0600	13.8327	219.69	2.906	24.9102	24.0574
129	P129	3" Steel (ANSI) Sch. 40	3.068	0.046	2.000	0.0000	13.8327	219.69	2.906	24.0574	23.7582
130	P130	3" Steel (ANSI) Sch. 40	3.068	0.046	1.000	0.0000	13.8327	219.69	2.906	23.7582	23.6086
131	P131	2-1/2" Steel (ANSI) Sch. 40	2.469	0.046	3.000	0.0000	13.8327	219.69	4.487	23.6086	22.2504
132	P132	2-1/2" Steel (ANSI) Sch. 40	2.469	0.046	3.000	1.4400	13.8327	219.69	4.487	22.2504	18.7937
133	P133	2" Steel (ANSI) Sch. 40	2.067	0.046	3.000	1.5200	9.8961	157.17	4.580	18.7937	14.7246
134	P134	2" Steel (ANSI) Sch. 40	2.067	0.046	2.900	1.5200	6.3609	101.02	2.944	14.7246	13.0464

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter inch	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow US gpm	Velocity m/sec	Entry Pressure psi.g	Exit Pressure psi.g
135	P135	1-1/2" Steel (ANSI) Sch. 40	1.610	0.046	2.700	1.1400	3.0888	49.06	2.356	13.0464	11.9870
136	P136	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.370	1.1500	1.1040	17.53	1.984	11.9870	11.2827
137	P137	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.700	3.7100	1.1040	17.53	1.984	11.2827	0.0000
138	P138	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	2.740	1.1500	1.0206	16.21	1.834	11.2460	10.3167
139	P139	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.700	3.7100	1.0206	16.21	1.834	10.3167	0.0000
140	P140	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.700	3.7100	1.1008	17.48	1.978	11.2460	0.0000
141	P141	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	2.740	1.1500	1.1200	17.79	2.013	12.6427	11.5313
142	P142	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.700	3.7100	1.1200	17.79	2.013	11.5313	0.0000
143	P143	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.370	1.1500	1.3703	21.76	2.462	18.7937	17.7207
144	P144	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	1.370	1.1500	1.2499	19.85	0.057	14.7246	14.7242
145	P145	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.700	3.7100	1.2499	19.85	2.246	14.7242	0.0000
146	P146	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.370	0.4600	2.2853	36.30	4.107	14.7246	12.6427
147	P147	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.700	3.7100	1.1654	18.51	2.094	12.6427	0.0000
148	P148	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.370	1.1500	1.1507	18.28	2.068	13.0464	12.2829
149	P149	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.700	3.7100	1.1507	18.28	2.068	12.2829	0.0000
150	P150	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.370	0.4600	1.9848	31.52	3.567	11.9870	10.4057
151	P151	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.700	3.7100	1.0283	16.33	1.848	10.4057	0.0000
152	P152	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.370	0.4600	2.1214	33.69	3.812	13.0464	11.2460
153	P153	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	2.740	1.1500	0.9565	15.19	1.719	10.4057	9.5854
154	P154	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.700	3.7100	0.9565	15.19	1.719	9.5854	0.0000
155	P155	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.700	3.7100	1.3703	21.76	2.462	17.7207	0.0000
156	P156	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.370	0.4200	2.5663	40.76	4.612	18.7937	16.2434

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter inch	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow US gpm	Velocity m/sec	Entry Pressure psi.g	Exit Pressure psi.g
157	P157	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.700	3.7100	1.3111	20.82	2.356	16.2434	0.0000
158	P158	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	2.740	1.1500	1.2553	19.94	2.256	16.2434	14.8581
159	P159	1" Steel (ANSI) Sch. 40	1.049	0.046	1.700	3.7100	1.2553	19.94	2.256	14.8581	0.0000
160	P160	6" Steel (ANSI) Sch. 40	6.065	0.046	3.048	0.0000	0.0000	0.00	0.000	182.5580	161.2656
161	P161	6" Steel (ANSI) Sch. 40	6.065	0.046	3.048	0.0000	0.0000	0.00	0.000	181.4363	160.1439
163	P163	2-1/2" Steel (ANSI) Sch. 40	2.469	0.046	0.500	1.0800	6.2964	100.00	2.043	176.0793	175.7034
164	P164	2-1/2" Steel (ANSI) Sch. 40	2.469	0.046	1.450	0.0000	6.2964	100.00	2.043	175.7034	177.6171
165	P165	1-1/2" Steel (ANSI) Sch. 40	1.610	0.046	0.500	1.2600	6.2964	100.00	4.803	177.6171	175.0737
166	P166	2-1/2" Steel (ANSI) Sch. 40	2.469	0.046	0.500	0.0000	0.0000	0.00	0.000	177.6171	178.3269
167	P167	2-1/2" Steel (ANSI) Sch. 40	2.469	0.046	0.500	0.5400	0.0000	0.00	0.000	178.3269	178.3269
168	P168	6" Steel (ANSI) Sch. 40	6.065	0.046	0.600	0.4500	6.2964	100.00	0.338	180.4953	180.4909
169	P169	3" Steel (ANSI) Sch. 40	3.068	0.046	2.200	0.4500	6.2964	100.00	1.323	180.4909	176.8114
170	P170	2-1/2" Steel (ANSI) Sch. 40	2.469	0.046	0.500	0.0400	6.2964	100.00	2.043	176.1412	176.0793
171	P171	3" Steel (ANSI) Sch. 40	3.068	0.046	18.000	0.5300	6.2964	100.00	1.323	176.8114	176.1412



Node Data

Node Id	Node Type	Node	Elevation m	Liquid Level m	Surface Press. psi.g	Press. at Node psi.g	HGL at Node psi.g	Demand In US gpm	Demand Out US gpm	Total Flow In US gpm	Total Flow Out US gpm
1	Tank	N1	23.500	5.000	0.0000	7.0974	40.4555	N/A	N/A	0.00	319.69
2	Join Point	N2	23.500	N/A	N/A	7.0949	40.4529	0.00	0.00	319.69	319.69
3	Join Point	N3	23.500	N/A	N/A	7.0936	40.4516	0.00	0.00	319.69	319.69
4	Join Point	N4	23.500	N/A	N/A	7.0910	40.4490	0.00	0.00	319.69	319.69
5	Join Point	N5	23.500	N/A	N/A	156.0760	189.4340	0.00	0.00	319.69	319.69
6	Join Point	N6	23.500	N/A	N/A	156.0742	189.4322	0.00	0.00	319.69	319.69
7	Join Point	N7	23.500	N/A	N/A	156.0724	189.4304	0.00	0.00	319.69	319.69
8	Join Point	N8	23.500	N/A	N/A	156.0587	189.4167	0.00	0.00	319.69	319.69
9	Join Point	N9	23.200	N/A	N/A	156.4820	189.4141	0.00	0.00	319.69	319.69
10	Join Point	N10	22.000	N/A	N/A	158.1539	189.3827	0.00	0.00	319.69	319.69
11	Join Point	N11	22.000	N/A	N/A	158.0985	189.3272	0.00	0.00	319.69	319.69
12	Join Point	N12	22.000	N/A	N/A	158.0070	189.2358	0.00	0.00	319.69	319.69
13	Join Point	N13	22.000	N/A	N/A	158.0070	189.2358	0.00	0.00	0.00	0.00
14	Join Point	N14	23.700	N/A	N/A	155.5939	189.2358	0.00	0.00	0.00	0.00
15	Join Point	N15	22.000	N/A	N/A	157.6001	188.8289	0.00	0.00	319.69	319.69
16	Join Point	N16	22.000	N/A	N/A	157.5629	188.7917	0.00	0.00	180.62	180.62
17	Join Point	N17	22.000	N/A	N/A	157.4963	188.7251	0.00	0.00	180.62	180.62
18	Join Point	N18	22.000	N/A	N/A	157.4566	188.6853	0.00	0.00	180.62	180.62
19	Join Point	N19	22.000	N/A	N/A	157.3905	188.6192	0.00	0.00	180.62	180.62
20	Join Point	N20	22.000	N/A	N/A	157.2722	188.5010	0.00	0.00	180.62	180.62
21	Join Point	N21	22.000	N/A	N/A	157.2722	188.5010	0.00	0.00	0.00	0.00
22	Join Point	N22	23.700	N/A	N/A	154.8591	188.5010	0.00	0.00	0.00	0.00
23	Join Point	N23	22.000	N/A	N/A	157.1356	188.3644	0.00	0.00	180.62	180.62
24	Join Point	N24	22.000	N/A	N/A	157.1356	188.3644	0.00	0.00	0.00	0.00
25	Join Point	N25	23.700	N/A	N/A	154.7225	188.3644	0.00	0.00	0.00	0.00
26	Join Point	N26	22.000	N/A	N/A	157.0749	188.3037	0.00	0.00	180.62	180.62
27	Join Point	N27	22.000	N/A	N/A	156.9190	188.1478	0.00	0.00	180.62	180.62
28	Join Point	N28	22.000	N/A	N/A	156.9190	188.1478	0.00	0.00	0.00	0.00
29	Join Point	N29	22.000	N/A	N/A	156.9190	188.1478	0.00	0.00	0.00	0.00
30	Join Point	N30	23.700	N/A	N/A	154.5059	188.1478	0.00	0.00	0.00	0.00
31	Join Point	N31	3.000	N/A	N/A	183.8156	188.0740	0.00	0.00	180.62	180.62
32	Join Point	N32	3.000	N/A	N/A	183.7703	188.0288	0.00	0.00	180.62	180.62
33	Join Point	N33	3.000	N/A	N/A	183.7703	188.0288	0.00	0.00	0.00	0.00

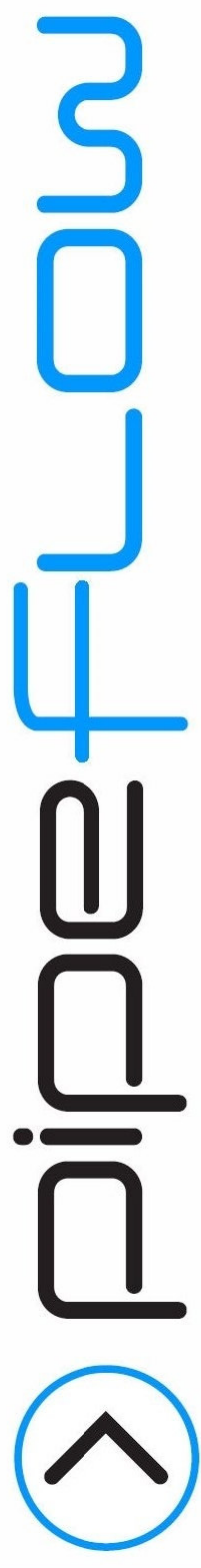
Node Id	Node Type	Node	Elevation m	Liquid Level m	Surface Press. psi.g	Press. at Node psi.g	HGL at Node psi.g	Demand In US gpm	Demand Out US gpm	Total Flow In US gpm	Total Flow Out US gpm
34	Join Point	N34	4.700	N/A	N/A	181.3572	188.0288	0.00	0.00	0.00	0.00
35	Join Point	N35	3.000	N/A	N/A	183.6670	187.9255	0.00	0.00	180.62	180.62
36	Join Point	N36	3.000	N/A	N/A	183.6670	187.9255	0.00	0.00	0.00	0.00
37	Join Point	N37	4.700	N/A	N/A	181.2539	187.9255	0.00	0.00	0.00	0.00
38	Join Point	N38	3.000	N/A	N/A	183.2412	187.4997	0.00	0.00	180.62	180.62
39	Join Point	N39	3.000	N/A	N/A	183.2412	187.4997	0.00	0.00	0.00	0.00
40	Join Point	N40	3.000	N/A	N/A	183.2412	187.4997	0.00	0.00	0.00	0.00
41	Join Point	N41	3.000	N/A	N/A	183.2412	187.4997	0.00	0.00	0.00	0.00
42	Join Point	N42	3.000	N/A	N/A	183.2412	187.4997	0.00	0.00	0.00	0.00
43	Join Point	N43	5.200	N/A	N/A	180.1184	187.4997	0.00	0.00	0.00	0.00
44	Join Point	N44	3.000	N/A	N/A	183.2412	187.4997	0.00	0.00	0.00	0.00
45	Join Point	N45	3.000	N/A	N/A	183.2412	187.4997	0.00	0.00	0.00	0.00
46	Join Point	N46	5.200	N/A	N/A	180.1184	187.4997	0.00	0.00	0.00	0.00
47	Join Point	N47	3.000	N/A	N/A	183.0991	187.3575	0.00	0.00	319.69	319.69
48	Join Point	N48	3.000	N/A	N/A	183.0556	187.3141	0.00	0.00	319.69	319.69
49	Join Point	N49	4.200	N/A	N/A	181.3365	187.2984	0.00	0.00	319.69	319.69
50	Join Point	N50	3.000	N/A	N/A	183.1396	187.3981	0.00	0.00	139.07	139.07
51	Join Point	N51	3.000	N/A	N/A	183.1396	187.3981	0.00	0.00	0.00	0.00
52	Join Point	N52	4.200	N/A	N/A	181.4363	187.3981	0.00	0.00	0.00	0.00
53	Join Point	N53	3.000	N/A	N/A	183.1541	187.4126	0.00	0.00	139.07	139.07
54	Join Point	N54	3.000	N/A	N/A	183.2033	187.4618	0.00	0.00	139.07	139.07
55	Join Point	N55	3.000	N/A	N/A	183.2294	187.4879	0.00	0.00	139.07	139.07
56	Join Point	N56	3.000	N/A	N/A	183.2294	187.4879	0.00	0.00	0.00	0.00
57	Join Point	N57	3.000	N/A	N/A	183.2294	187.4879	0.00	0.00	0.00	0.00
58	Join Point	N58	4.200	N/A	N/A	181.5260	187.4879	0.00	0.00	0.00	0.00
59	Join Point	N59	19.200	N/A	N/A	160.2337	187.4879	0.00	0.00	0.00	0.00
60	Join Point	N60	3.000	N/A	N/A	183.3249	187.5833	0.00	0.00	139.07	139.07
61	Join Point	N61	3.000	N/A	N/A	183.3249	187.5833	0.00	0.00	0.00	0.00
62	Join Point	N62	5.200	N/A	N/A	180.2020	187.5833	0.00	0.00	0.00	0.00
63	Join Point	N63	19.200	N/A	N/A	160.3291	187.5833	0.00	0.00	0.00	0.00
64	Join Point	N64	3.000	N/A	N/A	183.3608	187.6193	0.00	0.00	139.07	139.07
65	Join Point	N65	3.000	N/A	N/A	183.3608	187.6193	0.00	0.00	0.00	0.00
66	Join Point	N66	4.700	N/A	N/A	180.9476	187.6193	0.00	0.00	0.00	0.00
67	Join Point	N67	3.000	N/A	N/A	183.4545	187.7129	0.00	0.00	139.07	139.07
68	Join Point	N68	3.000	N/A	N/A	183.4545	187.7129	0.00	0.00	0.00	0.00
69	Join Point	N69	4.700	N/A	N/A	181.0413	187.7129	0.00	0.00	0.00	0.00
70	Join Point	N70	3.000	N/A	N/A	183.5180	187.7765	0.00	0.00	139.07	139.07
71	Join Point	N71	3.000	N/A	N/A	183.6408	187.8992	0.00	0.00	139.07	139.07

Node Id	Node Type	Node	Elevation m	Liquid Level m	Surface Press. psi.g	Press. at Node psi.g	HGL at Node psi.g	Demand In US gpm	Demand Out US gpm	Total Flow In US gpm	Total Flow Out US gpm
72	Join Point	N72	3.000	N/A	N/A	183.6408	187.8992	0.00	0.00	0.00	0.00
73	Join Point	N73	5.200	N/A	N/A	180.5179	187.8992	0.00	0.00	0.00	0.00
74	Join Point	N74	3.000	N/A	N/A	183.6902	187.9487	0.00	0.00	139.07	139.07
75	Join Point	N75	3.000	N/A	N/A	183.7308	187.9893	0.00	0.00	139.07	139.07
76	Join Point	N76	3.000	N/A	N/A	183.8082	188.0666	0.00	0.00	139.07	139.07
77	Join Point	N77	3.000	N/A	N/A	183.8082	188.0666	0.00	0.00	0.00	0.00
78	Join Point	N78	4.700	N/A	N/A	181.3950	188.0666	0.00	0.00	0.00	0.00
79	Join Point	N79	3.000	N/A	N/A	183.8670	188.1255	0.00	0.00	139.07	139.07
80	Join Point	N80	3.000	N/A	N/A	183.9753	188.2337	0.00	0.00	139.07	139.07
81	Join Point	N81	3.000	N/A	N/A	183.9753	188.2337	0.00	0.00	0.00	0.00
82	Join Point	N82	4.700	N/A	N/A	181.5621	188.2337	0.00	0.00	0.00	0.00
83	Join Point	N83	3.000	N/A	N/A	184.0038	188.2622	0.00	0.00	139.07	139.07
84	Join Point	N84	3.000	N/A	N/A	184.4844	188.7429	0.00	0.00	139.07	139.07
85	Join Point	N85	3.000	N/A	N/A	184.4476	188.7060	0.00	0.00	139.07	139.07
86	Join Point	N86	3.000	N/A	N/A	184.3969	188.6554	0.00	0.00	139.07	139.07
87	Join Point	N87	3.000	N/A	N/A	184.3969	188.6554	0.00	0.00	0.00	0.00
88	Join Point	N88	5.200	N/A	N/A	181.2740	188.6554	0.00	0.00	0.00	0.00
89	Join Point	N89	3.000	N/A	N/A	184.2614	188.5198	0.00	0.00	139.07	139.07
90	Join Point	N90	3.000	N/A	N/A	184.2614	188.5198	0.00	0.00	0.00	0.00
91	Join Point	N91	4.200	N/A	N/A	182.5580	188.5198	0.00	0.00	0.00	0.00
92	Join Point	N92	3.000	N/A	N/A	184.1282	188.3866	0.00	0.00	139.07	139.07
93	Join Point	N93	3.000	N/A	N/A	184.1282	188.3866	0.00	0.00	0.00	0.00
94	Join Point	N94	4.700	N/A	N/A	181.7150	188.3866	0.00	0.00	0.00	0.00
95	Join Point	N95	3.000	N/A	N/A	184.0665	188.3249	0.00	0.00	139.07	139.07
96	Join Point	N96	0.000	N/A	N/A	187.7765	187.7765	0.00	0.00	0.00	0.00
97	Join Point	N97	0.000	N/A	N/A	187.7765	187.7765	0.00	0.00	0.00	0.00
98	Join Point	N98	0.000	N/A	N/A	187.7765	187.7765	0.00	0.00	0.00	0.00
99	Join Point	N99	0.000	N/A	N/A	187.7765	187.7765	0.00	0.00	0.00	0.00
100	Join Point	N100	0.000	N/A	N/A	187.7765	187.7765	0.00	0.00	0.00	0.00
101	Join Point	N101	0.000	N/A	N/A	187.7765	187.7765	0.00	0.00	0.00	0.00
102	Join Point	N102	0.000	N/A	N/A	187.7765	187.7765	0.00	0.00	0.00	0.00
103	Join Point	N103	3.000	N/A	N/A	183.5180	187.7765	0.00	0.00	0.00	0.00
104	Join Point	N104	4.000	N/A	N/A	182.0985	187.7765	0.00	0.00	0.00	0.00
105	Join Point	N105	9.200	N/A	N/A	174.7172	187.7765	0.00	0.00	0.00	0.00
106	Join Point	N106	3.000	N/A	N/A	183.5180	187.7765	0.00	0.00	0.00	0.00
107	Join Point	N107	4.000	N/A	N/A	182.0985	187.7765	0.00	0.00	0.00	0.00
108	Join Point	N108	9.200	N/A	N/A	174.7172	187.7765	0.00	0.00	0.00	0.00
109	Join Point	N109	3.000	N/A	N/A	183.5180	187.7765	0.00	0.00	0.00	0.00

Node Id	Node Type	Node	Elevation m	Liquid Level m	Surface Press. psi.g	Press. at Node psi.g	HGL at Node psi.g	Demand In US gpm	Demand Out US gpm	Total Flow In US gpm	Total Flow Out US gpm
110	Join Point	N110	4.000	N/A	N/A	182.0985	187.7765	0.00	0.00	0.00	0.00
111	Join Point	N111	9.200	N/A	N/A	174.7172	187.7765	0.00	0.00	0.00	0.00
112	Join Point	N112	3.000	N/A	N/A	183.5180	187.7765	0.00	0.00	0.00	0.00
113	Join Point	N113	4.000	N/A	N/A	182.0985	187.7765	0.00	0.00	0.00	0.00
114	Join Point	N114	9.200	N/A	N/A	174.7172	187.7765	0.00	0.00	0.00	0.00
115	Join Point	N115	3.000	N/A	N/A	183.5180	187.7765	0.00	0.00	0.00	0.00
116	Join Point	N116	4.000	N/A	N/A	182.0985	187.7765	0.00	0.00	0.00	0.00
117	Join Point	N117	9.200	N/A	N/A	174.7172	187.7765	0.00	0.00	0.00	0.00
118	Join Point	N118	4.700	N/A	N/A	180.6070	187.2786	0.00	0.00	319.69	319.69
119	Join Point	N119	4.700	N/A	N/A	180.4953	187.1669	0.00	0.00	319.69	319.69
120	Join Point	N120	7.200	N/A	N/A	176.8344	187.0547	0.00	0.00	219.69	219.69
121	Join Point	N121	7.200	N/A	N/A	176.8139	187.0342	0.00	0.00	219.69	219.69
122	Join Point	N122	7.200	N/A	N/A	176.7404	186.9608	0.00	0.00	219.69	219.69
123	Join Point	N123	7.200	N/A	N/A	176.7404	186.9608	0.00	0.00	0.00	0.00
124	Join Point	N124	7.200	N/A	N/A	176.6607	186.8810	0.00	0.00	219.69	219.69
125	Join Point	N125	7.200	N/A	N/A	176.6607	186.8810	0.00	0.00	0.00	0.00
126	Join Point	N126	7.200	N/A	N/A	25.0000	35.2203	0.00	0.00	219.69	219.69
127	Join Point	N127	7.200	N/A	N/A	24.9102	35.1306	0.00	0.00	219.69	219.69
128	Join Point	N128	7.200	N/A	N/A	24.0574	34.2777	0.00	0.00	219.69	219.69
129	Join Point	N129	7.200	N/A	N/A	23.7582	33.9785	0.00	0.00	219.69	219.69
130	Join Point	N130	7.200	N/A	N/A	23.6086	33.8289	0.00	0.00	219.69	219.69
131	Join Point	N131	7.200	N/A	N/A	22.2504	32.4707	0.00	0.00	219.69	219.69
132	Join Point	N132	7.200	N/A	N/A	18.7937	29.0141	0.00	0.00	219.69	219.69
133	Join Point	N133	7.200	N/A	N/A	14.7246	24.9449	0.00	0.00	157.17	157.17
134	Join Point	N134	7.200	N/A	N/A	13.0464	23.2667	0.00	0.00	101.02	101.02
135	Join Point	N135	7.200	N/A	N/A	11.9870	22.2073	0.00	0.00	49.06	49.06
136	Join Point	N136	7.200	N/A	N/A	11.2827	21.5030	0.00	0.00	17.53	17.53
137	Demand Pressure	N137	7.100	N/A	0.0000	0.0000	10.0784	N/A	N/A	17.53	0.00
138	Demand Pressure	N138	7.100	N/A	0.0000	0.0000	10.0784	N/A	N/A	16.21	0.00
139	Join Point	N139	7.200	N/A	N/A	10.3167	20.5370	0.00	0.00	16.21	16.21
140	Demand Pressure	N140	7.100	N/A	0.0000	0.0000	10.0784	N/A	N/A	17.48	0.00
141	Join Point	N141	7.200	N/A	N/A	11.5313	21.7516	0.00	0.00	17.79	17.79
142	Demand Pressure	N142	7.100	N/A	0.0000	0.0000	10.0784	N/A	N/A	17.79	0.00
143	Join Point	N143	7.200	N/A	N/A	17.7207	27.9410	0.00	0.00	21.76	21.76
144	Join Point	N144	7.200	N/A	N/A	14.7242	24.9446	0.00	0.00	19.85	19.85
145	Demand Pressure	N145	7.100	N/A	0.0000	0.0000	10.0784	N/A	N/A	19.85	0.00
146	Join Point	N146	7.200	N/A	N/A	12.6427	22.8630	0.00	0.00	36.30	36.30
147	Demand Pressure	N147	7.100	N/A	0.0000	0.0000	10.0784	N/A	N/A	18.51	0.00

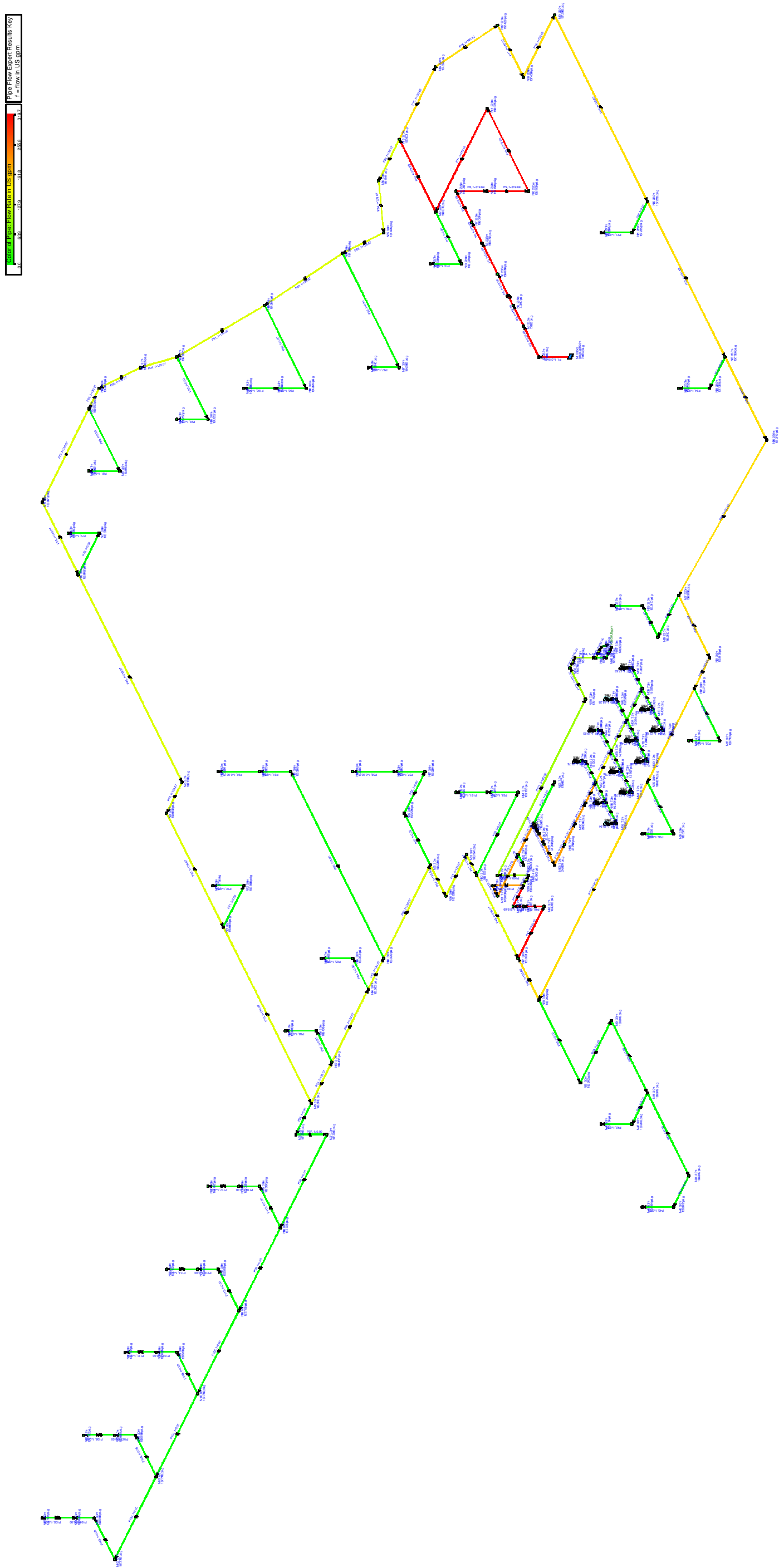
Node Id	Node Type	Node	Elevation m	Liquid Level m	Surface Press. psi.g	Press. at Node psi.g	HGL at Node psi.g	Demand In US gpm	Demand Out US gpm	Total Flow In US gpm	Total Flow Out US gpm
148	Join Point	N148	7.200	N/A	N/A	12.2829	22.5033	0.00	0.00	18.28	18.28
149	Demand Pressure	N149	7.100	N/A	0.0000	0.0000	10.0784	N/A	N/A	18.28	0.00
150	Join Point	N150	7.200	N/A	N/A	10.4057	20.6260	0.00	0.00	31.52	31.52
151	Demand Pressure	N151	7.100	N/A	0.0000	0.0000	10.0784	N/A	N/A	16.33	0.00
152	Join Point	N152	7.200	N/A	N/A	11.2460	21.4663	0.00	0.00	33.69	33.69
153	Join Point	N153	7.200	N/A	N/A	9.5854	19.8058	0.00	0.00	15.19	15.19
154	Demand Pressure	N154	7.100	N/A	0.0000	0.0000	10.0784	N/A	N/A	15.19	0.00
155	Demand Pressure	N155	7.100	N/A	0.0000	0.0000	10.0784	N/A	N/A	21.76	0.00
156	Join Point	N156	7.200	N/A	N/A	16.2434	26.4637	0.00	0.00	40.76	40.76
157	Demand Pressure	N157	7.100	N/A	0.0000	0.0000	10.0784	N/A	N/A	20.82	0.00
158	Join Point	N158	7.200	N/A	N/A	14.8581	25.0784	0.00	0.00	19.94	19.94
159	Demand Pressure	N159	7.100	N/A	0.0000	0.0000	10.0784	N/A	N/A	19.94	0.00
160	Join Point	N160	19.200	N/A	N/A	161.2656	188.5198	0.00	0.00	0.00	0.00
161	Join Point	N161	19.200	N/A	N/A	160.1439	187.3981	0.00	0.00	0.00	0.00
162	Join Point	N162	7.200	N/A	N/A	176.0793	186.2996	0.00	0.00	100.00	100.00
163	Join Point	N163	7.200	N/A	N/A	175.7034	185.9237	0.00	0.00	100.00	100.00
164	Join Point	N164	5.750	N/A	N/A	177.6171	185.7792	0.00	0.00	100.00	100.00
165	Join Point	N165	5.750	N/A	N/A	175.0737	183.2358	0.00	100.00	100.00	100.00
166	Join Point	N166	5.250	N/A	N/A	178.3269	185.7792	0.00	0.00	0.00	0.00
167	Join Point	N167	5.250	N/A	N/A	178.3269	185.7792	0.00	0.00	0.00	0.00
168	Join Point	N168	4.700	N/A	N/A	180.4909	187.1625	0.00	0.00	100.00	100.00
169	Join Point	N169	7.200	N/A	N/A	176.8114	187.0318	0.00	0.00	100.00	100.00
170	Join Point	N170	7.200	N/A	N/A	176.1412	186.3615	0.00	0.00	100.00	100.00





## Cálculos Hidráulicos

Rociadores Comedor - Mínima Demanda





Fluid Data

Zone	Fluid Name	Chemical Formula	Temperature °C	Pressure psi.g	Density kg/m³	Centistokes	Centipoise	Vapour Pressure psi.a	State
1	Water	H2O	20.000	0.0000	998.000	1.000	1.002	0.348091	Liquid

Pump Data

Pipe Id	Pipe Name	Pump Name	Speed rpm	Pref. Op From US gpm	Pref. Op To US gpm	Flow In/Out US gpm	Velocity m/sec	Suction Pressure psi.g	Discharge Pressure psi.g	Pump Head (+) psi.g	Pump NPSHr ft.hd (absolute)	Pump NPSHa ft.hd (absolute)	Pump Efficiency Per centage	Pump Power Horsepower
4	P4	Pump	3500	0.00	0.00	319.69	0.625	7.0905	156.0773	148.987	0.000	49.55	Not known	Not Known

Pipe Data

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter inch	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow US gpm	Velocity m/sec	Entry Pressure psi.g	Exit Pressure psi.g
1	P1	8" Steel (ANSI) Sch. 40	7.981	0.046	1.000	0.0000	20.1291	319.69	0.625	7.0974	7.0949
2	P2	8" Steel (ANSI) Sch. 40	7.981	0.046	0.500	0.0000	20.1291	319.69	0.625	7.0949	7.0936
3	P3	8" Steel (ANSI) Sch. 40	7.981	0.046	1.000	0.0000	20.1291	319.69	0.625	7.0936	7.0910
4	P4	8" Steel (ANSI) Sch. 40	7.981	0.046	0.700	0.0000	20.1291	319.69	0.625	7.0910	156.0760
5	P5	8" Steel (ANSI) Sch. 40	7.981	0.046	0.700	0.0000	20.1291	319.69	0.625	156.0760	156.0742
6	P6	8" Steel (ANSI) Sch. 40	7.981	0.046	0.700	0.0000	20.1291	319.69	0.625	156.0742	156.0724
7	P7	8" Steel (ANSI) Sch. 40	7.981	0.046	0.700	0.4200	20.1291	319.69	0.625	156.0724	156.0587
8	P8	8" Steel (ANSI) Sch. 40	7.981	0.046	1.000	0.0000	20.1291	319.69	0.625	156.0587	156.4820
9	P9	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	1.000	0.4200	20.1291	319.69	0.915	156.4820	158.1539
10	P10	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	5.000	0.4200	20.1291	319.69	0.915	158.1539	158.0985
11	P11	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	6.761	0.8400	20.1291	319.69	0.915	158.0985	158.0070
12	P12	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	3.517	0.4200	0.0000	0.00	0.000	158.0070	158.0070
13	P13	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.700	0.0000	0.0000	0.00	0.000	158.0070	155.5939
14	P14	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	42.391	2.5200	20.1291	319.69	0.915	158.0070	157.6001
15	P15	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	9.749	0.8400	11.3728	180.62	0.517	157.6001	157.5629
16	P16	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	23.397	0.8400	11.3728	180.62	0.517	157.5629	157.4963

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter inch	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow US gpm	Velocity m/sec	Entry Pressure psi.g	Exit Pressure psi.g
17	P17	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	14.714	0.4200	11.3728	180.62	0.517	157.4963	157.4566
18	P18	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	26.967	0.4200	11.3728	180.62	0.517	157.4566	157.3905
19	P19	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	37.352	1.9600	11.3728	180.62	0.517	157.3905	157.2722
20	P20	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	157.2722	157.2722
21	P21	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.700	0.0000	0.0000	0.00	0.000	157.2722	154.8591
22	P22	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	45.900	1.9600	11.3728	180.62	0.517	157.2722	157.1356
23	P23	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.000	0.0000	0.0000	0.00	0.000	157.1356	157.1356
24	P24	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.700	0.0000	0.0000	0.00	0.000	157.1356	154.7225
25	P25	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	24.449	0.4200	11.3728	180.62	0.517	157.1356	157.0749
26	P26	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	54.878	1.9600	11.3728	180.62	0.517	157.0749	156.9190
27	P27	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	19.791	0.4200	0.0000	0.00	0.000	156.9190	156.9190
28	P28	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	4.000	0.4200	0.0000	0.00	0.000	156.9190	156.9190
29	P29	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.700	0.0000	0.0000	0.00	0.000	156.9190	154.5059
30	P30	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	30.530	0.4200	11.3728	180.62	0.517	156.9190	183.8156
31	P31	8" (200mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	6.595	0.002	10.964	1.1200	11.3728	180.62	0.517	183.8156	183.7703
32	P32	6" (150mm) HDPE SDR 9 (200 psi)	5.065	0.002	1.000	0.4200	0.0000	0.00	0.000	183.7703	183.7703